Ökologische Bedingungen der Fichtenforstassoziationen auf den verschiedenen Höhenstufen des Isergebirges

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
genehmigt von der
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

Von
ARNOLD JORDY
aus Kohlfurt

Tag der mündlichen Prüfung: 13. April 1938
Tag der Promotion: 13. Februar 1940

N 100

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Referenten: Professor Dr. L. Diels
Professor Dr. K. Noack

Inhaltsübersicht

Seite

Einleitung und Ziel 1

Beschreibender Teil 3
Geographie des Isergebirges 3
Geologie " " 4
Morphologie " " 5

Analytischer Teil 7

Das Klima des Isergebirges 7
Allgemeines 7
Die Wärmebänder 12
Relative Lagerungszahlen 15
Die relativen Lagerungszahlen im Winter 16
Die relativen Lagerungszahlen im Frühjahr 17
Die relativen Lagerungszahlen im Sommer 18
Die relativen Lagerungszahlen der Extremtemperaturen 19

Vergleich der reinen Zahlenwerte der mittleren monatlichen Temperaturextreme 20

Der tägliche Gang der Wärme- und Feuchtigkeitsschwankungen . . 22
Vergleich der Temperaturbereiche 22
Die Sonnenscheindauer 23
Die Bodentemperaturen 24
Die Humustemperaturen 27
Die Niederschläge 31
Der oberflächliche Wasserabfluß 33
Die Verdunstungsmessungen 34
Die phänologischen Beobachtungen 39

Zusammenfassung der Ergebnisse der Untersuchungen über das Klima des Isergebirges 45

Die Fichtenforstassoziationen des Isergebirges 49

Die Zusammenfassung der Waldgeschichte des Isergebirges . 49

Die Ergebnisse der pollenanalytischen Untersuchungen zur säkularen Waldgeschichte 50
Die rezente Waldgeschichte 51

Die Gliederung der Waldbestände des Isergebirges nach Firbas . . 54

Die Bedeutung der Forstwirtschaft für die Zusammensetzung der Fichtenforstassoziationen 56

Die Assoziationsaufnahmen der einzelnen Untersuchungsstellen . . 61

Die Kronenform der Fichten 68

Die Lichtverhältnisse im Bestandesinnern 69

Beobachtungen der Wurzelausbreitung im Boden 70

Seite

Die Untersuchung des Bodens einiger Fichtenforst-assoziationen des Isergebirges 72

Die Böden des Isergebirges 72
Die Körnung der Böden 73
Die Schlämmanalysen 74

Die Untersuchung der Böden nach dem Kopeckyschen Bodenzylinderverfahren . . 78
Die Abtropfgeschwindigkeit 79
Die Kapillaritätsmessungen 81
Die Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit der Böden . 82
Die Bestimmung der Durchlüftungsmöglichkeit d. Böden. 84
Die Bestimmung der Zusammensetzung der Bodenluft . . 86
Die ermittelten Wasserkapazitäts- und Luftkapazitätswerte 90

Die Untersuchung der jahreszeitlichen Schwankungen des Gehalts an Bodenwasser 91
Die Bestimmung der verschiedenen Aziditätsformen 94
Die Bestimmung der pH-Werte der Böden 95
Die Bestimmung der Pufferflächen nach Zusatz von Natronlauge . . . 96
Die Bestimmung der Austauschazidität und der hydrolytischen Azidität . .102
Der Vergleich der Werte der Austauschazidität der untersuchten Böden 104
Der Vergleich der Werte der hydrolytischen Azidität der untersuchten Böden . .106

Die Untersuchung der Humusschichten unter einzelnen Assoziationskomponenten in verschiedenen Waldbeständen des Isergebirges 108

Der Wassergehalt der frischen Humusproben 111
Der Crumpsche Faktor 113
Der Humusgehalt der Bodenproben 113
Der Wassergehalt der lufttrocknen Bodenproben 114
Die pH-Werte der frischen Humusproben 116
Die Humifizierungszahlen der Humusproben 116
Die Jodzahlen der Humusproben 118
Die Farbzahlen der Aufschwemmung der Humusproben mit verschiedenen Lösungen . .121
Der Farbzahlenquotient 123
Der Permanganatverbrauch der Aufschwemmung der Humusproben mit 5 %iger Natronlauge 125

Zusammenfassung der Ergebnisse der Humusschichten 127

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse der Böden einiger Fichtenforstassoziationen des Isergebirges.128

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse 129

Literaturnachweis 131

Tabellenteil 143

Einleitung und Ziel

Das Isergebirge bildet den westlichsten Teil der Sudeten. Durch die unmittelbare Nachbarschaft des Riesengebirges wird es noch heute, wie vor hundert Jahren (G. Knie 1831) weniger besucht als die übrigen deutschen Mittelgebirge. Erst im 19. Jahrhundert erhält es seinen heutigen Namen, noch heute wird es von den Tschechen zum Riesengebirge gerechnet (E. Schwarz 1932).

Das durch viele Täler unübersichtlich aufgeteilte Gebirgsmassiv wurde bis Ende des 19. Jahrhunderts forstlich wenig ausgenützt. Weite, geschlossene Waldungen waren nur da und dort teils durch Wetter-, teils durch Ungezieferkatastrophen unterbrochen. Das Gebirge ist infolge seiner geographischen Lage und seiner morphologischen Ausgestaltung eines der regenreichsten Gebiete Schlesiens. Daher bietet es mit seinen weichen Kammwellen der winterharten Fichte bei annähernd gleichartigen geologischen Verhältnissen und hoher Feuchtigkeit die Möglichkeit zu genügender und guter Bestandesbildung. Der Rauhheit und der Unzugänglichkeit des Gebirges verdankt der große Wildreichtum seine Erhaltung.

Die floristisch auffälligsten Erscheinungen des Isergebirges sind im Gegensatz zu der sonst ähnlich zusammengesetzten Vegetation der westlichen Hälfte des Riesengebirges: Betula nana, Juniperus com. L. var. intermedia Schur. und das hier auffällig tiefe Herabsteigen des Pinus pumilio-Gebüsches (840 m). Durch Arbeiten von G. Limpricht 1872, A. Engler 1864 und F. Brieger 1921 ist besonders die Flora bekannt geworden. Außer Brieger haben V. Schiffner 1908, A. Zlatnik 1925 und vor allem F. Firbas 1929 das Gebiet soziologisch und zum Teil ökologisch bearbeitet.

Die gleichartige geologische Beschaffenheit, das durch die Flora ausgedrückte eigenartige, rauhe Klima lassen das Gebiet besonders geeignet erscheinen für vergleichende ökologische Studien. Auf Hinweis meines hochverehrten Lehrers, Herrn Prof. Dr. L. Diels - Dahlem, habe ich besonders die Untersuchung des Bodens von verschiedenen Gesichtspunkten her betrieben.

Abgesehen von stärkeren Bleicherdehorizonten scheint trotz fleckweis weitgehender Podsolierung der Böden der Kammzone das vorhandene und aufnehmbare Nährstoffkapital (H. Burger 1926, G. Krauss 1935) den Ansprüchen der Fichte zu guter bis mittlerer Wuchsleistung zu genügen. Dagegen war durch das kalthumide Gebirgsklima und durch Charakter und Lagerung des Verwitterungsbodens die Abhängigkeit der Bestände von physikalischen Bodenfaktoren und einzelnen chemischen Wirkungen der Humusauflage auf den Boden zu erwarten. Aus praktischen Gründen konnte nur ein eng begrenzter Ausschnitt aus der Gesamtheit der Faktoren ausgewählt und nach bekannten Methoden untersucht werden. Ich habe 13 verschiedene Meßstellen gewählt (siehe Übersichtskarte) und während eines Jahres möglichst monatlich einmal je ein Profil gegraben und untersucht. Daneben laufen die Untersuchungen der Luft- und Bodentemperaturen, der Verdunstungsgröße, des phaenologischen Kalenders, der Assoziationen, der Stamm- und Baumformen, der Stammdichte usw. Den Boden betreffend wurden Bodenluftprofile auf CO_2-Gehalt untersucht. Für die ausgewählten Standorte wurden Boden-

körnung, Durchfluß, Durchlüftung, kapillare Steighöhe des Wassers, Luft- und Wasserkapazität, die verschiedenen Aziditätsformen und das Pufferungsvermögen untersucht. Abschließend wurden lange Reihen von Humusböden unter verschiedenen Pflanzen und an verschiedenen Standorten nach mehreren Untersuchungsweisen analysiert. Der Versuch, mit Hilfe des Hansenschen Kastens mir einen groben Überblick über die Verteilung und die Arten der Mikroflora der Humusschichten zu verschaffen, ist leider nicht gelungen. Immerhin war das Vorherrschen der Schimmelpilze in den Fichtenreinbeständen und eine deutliche Zunahme der Keimzahl in den Kulturen der Buchen- und Mischwälder zu erkennen.

Die Ergebnisse all dieser Untersuchungen können nur als ein erster Versuch angesehen werden, ein bisher pflanzenökologisch kaum erforschtes Waldgebiet als Ganzes durch einige erprobte pflanzensoziologische und -ökologische Methoden zu erfassen. Aus dem gegenseitigen Verhältnis möglichst vieler einzelner Faktoren (G. Krauss 1935) wird in Verbindung mit den Ergebnissen anderer Arbeiten ursächliche Verknüpfung abzuleiten versucht für einen überaus verwickelten Faktorenkomplex (Wechselbeziehung, gegenseitige Vertretung), der der experimentellen Bearbeitung schwer zugänglich ist. Noch heut gilt wenigstens für den einzelnen Bearbeiter das von Sokolowsky 1926 abgelegte Geständnis, daß es bei Bodenanalysen nicht erreichbar ist, eine möglichst vollständige und richtige Vorstellung von den Erscheinungen und Wechselbeziehungen der einzelnen Komponenten zu geben. Die Methoden ergeben nur Bruchstücke, die den Charakter des Bodens ausmachen, dessen aktiver Teil ein Komplex von hydrophilen Kolloiden darstellt (Ton und Humus).

Die Beziehungen der einzelnen Faktoren des Klimas, des Bodens und der Vegetation unter einander sind nicht als die einer Reihe geordneter Summanden aufzufassen, sondern sie befinden sich sozusagen an den Ecken eines unbestimmten Polyeders. Die Beziehungen der Faktoren gehen dann nicht nur zu allen benachbarten und diagonal gegenüberstehenden Polyederecken, sondern zum Teil durch sie hindurch wieder zurück zu den Ursachenpunkten. Die Verquickung erfaßt nicht nur die äußeren, sondern auch die inneren Faktoren (Rasse), so daß der Wald als eine vollkommene Biozoenose aufzufassen ist. Das gilt besonders für die stabilen naturnahen Waldgemeinschaften. Bei den wenig stabilen Forsten sind die Beziehungen durch den Menschen verwirrt oder überwiegend nach einer Seite hin beeinflußt.

Darum schien von vorn herein die Untersuchung nur einiger weniger Standorte gleichzeitig nach möglichst vielen Seiten hin aufschlußreicher zu sein, als eine Arbeitsweise mit dem entgegengesetzten Verhältnis von Standorten und Untersuchungsweisen. Durch die Art der Verknüpfung von periodischen Vorgängen des Klimas mit denen des Bodens und der Pflanze ist die Durchführung von Reihenanalysen durch eine volle Jahresperiode unerläßlich. Dabei geben Mittelproben nur eine summarische Vorstellung der Verhältnisse, während die Gruppengrenzen von Einzelproben nach der Methode der Variationsstatistik zum Teil die Abhängigkeit aufdecken zwischen den einzelnen Faktoren und den verschiedenen Standorten. Erschwert wird die Auswertung dadurch, daß die Untersuchungsmethoden, die für lange Reihenanalysen in Frage kommen, noch sehr grob sind. "Ohne peinlichst genaue Untersuchungen kann man häufig nicht sagen, wie der individuelle Standort beschaffen ist." Das gilt besonders für die Forsten. "Die ökologische Detailanalyse der

Pflanzenvereine ist ein außerordentlich mühevolles und zeitraubendes Unternehmen". H. Lundegårdh 1930. Sie ist aber im Interesse der Rohstoffversorgung die notwendige Unterlage für die Überführung der einförmigen, gleichartigen Forsten in einen naturgemäßen Mischwald dort, wo dieser biologisch und wirtschaftlich möglich ist. Denn erst die standortgemäße Bestockungszusammensetzung ist die tragfähige Basis für eine nachhaltige Forstwirtschaft. (Eberts 1936)

Während allgemein die floristisch-statistische Erforschung der Pflanzenvereine der ökologischen vorangeht, können in Kunstwäldern die gegenwärtig vorgefundenen Bodenpflanzengemeinschaften erst nach der Kenntnis der Waldgeschichte, der Klima- und der Bodenverhältnisse richtig beurteilt werden. Es handelt sich dann nicht mehr um Wald-, sondern um Forstassoziationen (L. Jost 1936). Es ist das Ziel der vorliegenden Arbeit, diese Unterlagen beizubringen. Die ökologische Bedingtheit der Fichtenforstassoziationen auf den verschiedenen Höhenstufen des Isergebirges beschließt die Arbeit als zusammenfassende Auswertung der Einzeluntersuchungen über das standörtliche Teilbild.

Für die Überlassung des Themas und die Ausrichtung der Untersuchungen danke ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. L. Diels - Dahlem. Ferner haben Herr Prof. Dr. F. Markgraf - Dahlem und Herr Prof. Dr. R. Albert - Eberswalde jederzeit meine Arbeit durch ihren freundlichen Ratschlag gefördert. Herr Prof. Markgraf hatte die Güte, die Bestimmung der weniger bekannten Pflanzen nachzuprüfen.

Da kaum für das große Zahlen- und Schaubildmaterial ein allgemeines Interesse besteht, wurden die Tabellen in dem Tabellenband und die Schaubilder in der Schaubildmappe zusammengefaßt und können in dem botanischen Museum Berlin-Dahlem eingesehen werden. Die nicht veröffentlichten Tabellen und Schaubilder werden im Text durch kleine Buchstaben bezeichnet. Erwähnen möchte ich noch, daß die eingeklammerten Autorennamen Vergleichshinweise sind, während die nicht eingeklammerten Verfassernamen die Quellen der Zitate angeben.

Beschreibender Teil

Geographie

Die allgemeinen Angaben über die Geographie, Geologie und Morphologie des Isergebirges sind in vielen Arbeiten zerstreut. Ich möchte die wesentlichsten Tatsachen knapp zusammenfassen.

Die geographische Begrenzung des Isergebirges ist tektonisch bedingt. Die Grenze im SW bildet mit der Linie Zittau - Reichenberg - Eisenbrod zum Teil das Lausitzer- und das Jeschkengebirge; im SO und gegen das Riesengebirge hin das Iser - Mummel - und Milmitztal bis Neuwelt - Jakobsthal, weiterhin das Zackental bis Hirschberg. Die NO-Grenze gegen das Bober - Katzbachgebirge folgt etwa dem Verlauf der Eisenbahnlinie Hirschberg - Hayne. Die N-Grenze kann durch die Linie Hayne - Friedeberg - Wünschendorf - Seidenberg - Ostritz angegeben werden. Die W-Grenze bildet der Lauf der Görlitzer Neiße: Ostritz - Zittau. (Hübler 1898, Rinmann 1910.)

Die SW-Grenze deckt sich zum Teil mit der Lausitzer Überschiebung, welche die Scheide bildet zwischen der ostböhmischen Kreidetafel und dem metamorphen Altpaläozoikum des Iser- und Riesengebirges. Die O-Grenze trennt die beiden variskischen Eruptionshauptkomplexe der zwei Gebirge an der schmalsten Stelle ihres Zusammenhanges. Die NO-Grenze folgt annähernd der durch Diluvium zum Teil verdeckten innersudetischen Hauptverwerfung, die das nicht metamorphe Katzbachgebirge von dem metamorphen Isergebirge scheidet. Die N- und die W-Grenze wird durch die Lausitzer Scholle gesetzt. (v. Bubnoff 1930.)

Politisch gehörte zur Zeit meiner Untersuchungen nur der Kemnitz-Zacken- und Hohe Iserkamm zu Deutschland. Der größere Teil des Gebirges gehörte zur Tschechoslovakischen Republik.

Geologie

Geologisch bildet das Isergebirge mit dem Riesengebirge eine der heterogenen Leistenschollen der Westsudeten, die sich im Tertiär zur Zeit heftiger orogenetischer Prozesse absonderten. Diese in NW-SO-Richtung langgestreckte Scholle hat einen Kern aus jüngerem postkulmischen Riesengebirgsgranit, der in den ihn umgebenden metamorph umgewandelten älteren Gneisgranit eingedrungen ist. Nach G. Neumann 1933 sind die einzelnen Kämme Keilschollen, die wie Stangen eines Ofenrostes hintereinander liegen. Riesengebirgsgranit, Gneisgranit und Glimmerschiefer, der zum Teil kontaktmetamorph umgewandelt ist, sind die wesentlichsten Gesteine des Gebirgsmassivs. Für die Waldzone kommen besonders die beiden Granite in Betracht, die durch ihren hohen Gehalt an Silikaten auffallen.

Der einschlußarme, jüngere Zentralgranit ist ein Biotitgranit, der reich ist an fleischroten und weißen Orthoklas und Oligoklas (Kali). Die Struktur ist grobkörnig, durch das Auftreten der großen Kalifeldspäte porphyrähnlich. Das Gestein ist gegen Verwitterung weniger widerstandsfähig als der ältere Granit. Das Verwitterungsprodukt ist grusig und wird bei chemischer Beeinflussung durch den Pflanzenbestand zu einem starktonigen, sehr feinkörnigen Boden, der recht undurchlässig ist und die Moorbildung sehr begünstigt (G. Berg 1926). Soweit dieses Gestein die Gebirgsoberfläche bildet, ist die Verwitterungsdecke am mächtigsten entwickelt und trägt auf den Talsohlen oder auf dem flachen Rücken zum Teil mächtige Hochmoore, die zur Zeit der beginnenden Erosion der prätektonischen Kammtäler ausgedehnter gewesen sein sollen.

Der ältere, einschlußreiche Granit ist mineralogisch ähnlich zusammengesetzt. Er zeigt alle Übergänge von der porphyrischen bis zur granitischen Struktur. Sein besonderes Merkmal ist die mehr oder weniger deutlich gestreckte Textur. Der Verwitterung gegenüber ist er ziemlich widerstandsfähig, er liefert einen durchlässigen, steinigen Lehmboden. Der Gneis ist teilweise weitgehend kaolinisiert. Diesem älteren Granit gleichen die metamorphen Glimmerschiefer fast vollständig. Gegen Verwitterung sind sie sehr widerstandsfähig, daher ist im Gebiet vom weißen Flins bis Moltkefels ein harter Grat vorhanden. Die Verwitterungsschicht ist hier am wenigsten mächtig.

Die Grenzen der Gesteine sind auf der Übersichtskarte angegeben im Anschluß an G. Berg 1926 und A. Fritsch u. G. Laube 1895.

Nach den jüngeren Untersuchungen von A. Huyer 1928 und A. Watznauer 1934 liegt im Süden des Gebirges die Gesteinsgrenze noch südlicher.

Besondere Erwähnung verdient der glasreiche Nephelinbasalt (Limburgit) des Buchberges bei Klein-Iser, der den höchsten Basaltkegel Mitteleuropas bildet. Es ist ein an Silikaten armes iserinhaltiges Gestein, das durch den hohen Gehalt an Erdalkalien und Eisen sich auch floristisch scharf von der Umgebung abhebt. Der Basalt verwittert schwer, daher füllt am steilen Buchberg der Feinboden nur die Geröllspalten aus. Die Basalte der deutschen Vorgebirgszone (Wickenstein, Brandstein, Kahleberg) tragen zur Zeit keine hiebreifen Waldbestände. Siehe Tabelle 1, S.144: Die chemische Zusammensetzung einiger typischer Gesteine des Isergebirges.

Morphologie

Die verschiedene Bodengestalt übt auf den Charakter des Klimas und die Lagerung des Verwitterungsbodens, auf den Lebenshaushalt der Pflanzengesellschaften einen verschieden großen Einfluß aus (Morosow 1928). Durch das verschieden ausgeformte Relief werden die klimatischen und bodenkundlichen Faktoren mannigfaltiger, es ist also ein wichtiger Differenzierungsfaktor für die Vegetation. Darum soll im Anschluß an I. Böhme 1930 auch die Morphologie des Isergebirges kurz besprochen werden.

Das Isergebirge wurde durch seine nach SW streichenden Kämme (Wälscher - Harzdorfer Kamm) als Beweis für die paläosudetische Schlinge aufgefaßt. Das Umbiegen des variskischen Bogens aus der erzgebirgischen NO-Richtung in die sudetische NW-Streichrichtung scheint aber durch die Lausitzer Überschiebung hervorgerufen worden zu sein. Der durch diesen Vorgang erfolgten fächerförmigen Öffnung der Täler nach SW kommt eine besondere Bedeutung zu für den Niederschlagsreichtum und die klimatische Beeinflussung des böhmischen Isergebirges durch das böhmische Becken. (Bubnoff 1930).

Das eigentliche Gebirgsmassiv ist eine im NNW und N steil abfallende Pultscholle, die nach S und SW allmählich sich neigt. Durch die im Tertiär erfolgte Hauptverwerfung ist das Gebirge in zwei Teile gegliedert worden, den Kemnitz - Zackenkamm und den Hohen Iserkamm mit dem böhmischen Isergebirge. Der nördliche Steilabfall ist bedingt durch drei Verwerfungslinien: Die Neustadt - Giehrener Verwerfung erstreckt sich wahrscheinlich im W bis Friedland, im O bis Blumendorf; ihren geologischen Ausdruck findet sie in der Liebwerda - Voigtsdorfer Glimmerschieferzone, welche am Fuße des eigentlichen Gebirges liegt. Die Haindorfer Verwerfung ist die Ursache zu der schroffen, nördlichen Steilzone des böhmischen Isergebirges. Die Queisverwerfung trennt die beiden Hauptteile des Gebirges und ist der Anlaß zu dem überaus schroffen Steilabfall des Hohen Iserkammes. Im S ist durch die in der Richtung des allmählichen Abfalles der Pultscholle streichenden böhmischen Kämme keine so einheitlich entwickelte, flächige Steilzone vorhanden. Durch die Neigung der Pultscholle sind die meisten Täler als Konsequenztäler aufzufassen (z. B. Groß-Iser, Klein-Iser). Im O bilden die Erosionstäler der Iser und der Milmitz die Grenze gegen das Riesengebirge, gegen die die benachbarten Kämme steil abfallen.

Durchwandert man das Gebirge von NO nach SW, etwa von Rabishau über Querbach, Groß-Iser, Klein-Iser, Sieghübel bis Reichenberg, so lassen sich nach den Böschungswinkeln vier verschiedene Zonen unterscheiden (I. Böhme 1930), die von verschiedenen Pflanzenverbänden bestanden sind. Das Gebirgsvorland ist eine flache Kuppenzone, die durch drei Querbrüche gegliedert wird, denen der Queis und die Wittig folgen. Dank der günstigen Lage wird das Gebiet soweit wie möglich von der Landwirtschaft genützt. Auf der schlesischen Seite sind nur die Reviere Rabishau und Mühldorf und einige kleine Gemeindewälder als Fichtenwaldinseln auf zum Teil ursprünglichen Fichtenbuchenmischwaldboden erhalten geblieben. Nach dem Gebirge hin schließt sich die flachgeböschte Zone an, die den Übergang von der vorigen zu der am Gebirgsfuß beginnenden Steilzone bildet. Am Fuß der Steilzone erst beginnt die fast ununterbrochene Walddecke. Die Böschungswinkel betragen für die nördliche Steilzone des Kemnitz-Zackenkammes meist 10° - 20° - 25°. Die Werte am Fuße der Kämme sind niedriger als dicht unterhalb der Kammzone. Die Steilzone wirkt trotz der zahlreichen parallel bis radial abfließenden Bäche flächenhaft, da infolge der steilen Neigung und der wenig mächtigen Verwitterungsschicht die Bachtälchen nur flach eingeschnitten sind. Der Wasserreichtum der Bäche hängt von der Lage der Steilzone zu den regenspendenden W und NW Winden ab. Die Kammzone ist schroff gegen die Steilzone abgesetzt, die Böschungswinkel fallen plötzlich auf 0° - 4°. Auf der einheitlichen, bandförmigen 250 bis 1500 m breiten Kemnitz-Zackenkammzone wechseln flache, breite Kuppen mit Mulden ab. Fließendes Wasser fehlt, nur wenige, kleine Moore sind ausgebildet. Besonders an ihrer breitesten Stelle, die durch leichte Verwitterbarkeit (körniger Gneis) bedingt ist, findet man eine mächtige Verwitterungsschicht. Nach S schließt sich eine ebenso scharf abgesetzte Steilzone an mit den gleichen Merkmalen, wie sie eben beschrieben wurden, nur daß sie wasserarm ist infolge des Regenschattens, den der Hohe Iserkamm wirft.

Südlich des Queis-Zackentales beginnt zum Teil unmittelbar am Bach der nördliche Steilhang des Hohen Iserkammes, der durch seine großen Böschungswinkel (12° bis 35°) auffällt. Ferner ist diese flächenhafte Zone ein Gebiet größter Bachdichte und unregelmäßiger Wasserführung besonders in der östlichen Hälfte. Überall liegen große verrollte Blöcke an der Oberfläche und in der teilweise recht geringen Verwitterungsschicht. Die Blockdichte nimmt hangaufwärts zu, bis in der Umgebung der Blausteine kleine Blockhalden zutage treten. Felsbildungen sind im Gneisgebiet selten, da das Gestein leicht in einzelne sehr unregelmäßige Blöcke zerfällt (G. Berg 1926). Wie am Kemnitz- und Zackenkamm, so setzt auch am Hohen Iserkamm die Kammzone des böhmischen Isergebirges schroff mit Böschungswinkeln von meist 4° bis 7° an. Sie erstreckt sich über eine bis 15 km breite Fläche, die sich nach O in der Kammzone des Riesengebirges fortsetzt. Im Gegensatz zu den genannten Kämmen ist die Kammzone des Hohen Iserkammes und des böhmischen Isergebirges durchaus uneinheitlich, da neben der verschiedenen Verwitterbarkeit der Gesteine durch die einheitliche Neigung der Pultscholle die Fläche aufgegliedert wird. Breite Mulden mit großen Moorflächen, langgestreckte Kämme und weit in die Kammzone hinaufgreifende Bäche sorgen für die nach Süden hin zunehmende Aufteilung der Kammfläche. Der leicht verwitterbare Riesengebirgsgranit und die lange ungestörte Verwitterungszeit (vor der tektonischen Aufgliederung begonnen) haben eine dicke Verwitterungsdecke geschaffen, die bis an die südliche Steilzone heranreicht

und nach W. Volz (I. Böhme 1930) typische Blütterstruktur zeigt. Felsbildungen sind hier häufiger, da das Gestein durch Klüfte und Fugen zu wollsackförmigen Stapeln zerfällt, die auf einander liegen bleiben (G. Berg 1926). Großer Niederschlagsreichtum, durch tiefe Temperaturen bedingte geringe Humuszersetzung, Blätterstruktur der Verwitterungsdecke, vorwiegend saure Gesteinsbestandteile, geringe Durchlässigkeit des lehmigen Steinbodens verbunden mit dem flächenhaften Überwiegen der versauernden Fichtenreinbestände und der sauren Bodenpflanzen sind bei niedrigen Böschungswinkeln die Ursache zu weitgehender Podsolierung der Kammflächen. Von diesem Vorgang sind die Tal- und Steilhänge der Kammzone zwar nicht völlig ausgeschlossen, doch ist der podsolierte A_1-Horizont teilweise nur angedeutet oder auf eine 1 bis 3 cm starke Schicht beschränkt, so daß die Wurzeln der Boden- und Baumflora durch die Podsolschicht nicht von dem unveränderten Mineralboden abgeschlossen sind.

Die südliche Grenze der Kammzone ist durch die Linie der scharf und tief eingeschnittenen Täler gegeben, die überall einen jähen Abbruch der zwischen ihnen stehengebliebenen Stücke der Kammzone bewirken. Man kann die südlich daran anschließende Zone steil nennen in Bezug auf ihre Talhänge. Die bei unserer Wanderung von NO nach SW nicht beschriebenen westlichen und östlichen Teile der Steilzone tragen im wesentlichen die gleichen Merkmale wie die Steilzone des Hohen Iserkammes. Dagegen ist besonders der Abschnitt zwischen Pladerbach und Wittig durch tiefe Täler gegliedert. Die Westflanke des Isergebirges stellt einen allmählichen Übergang dar von den Merkmalen der nördlichen zu denen der südlichen Steilzone. Die südliche und westliche Kuppenzone wird, soweit sie nicht durch Siedlungen besetzt ist, fast ganz von Buchenmischwald beherrscht.

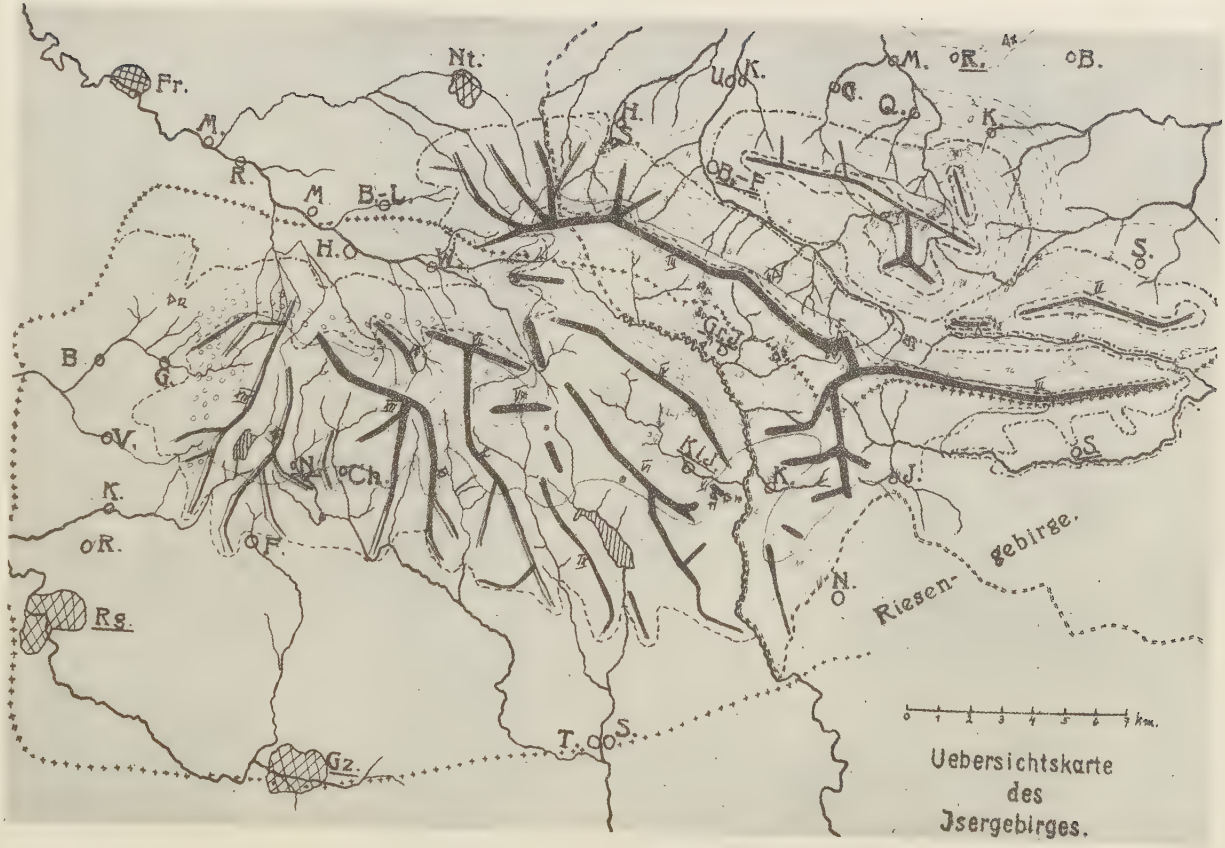
Daß alle vier Zonen örtlich verschieden auftreten können und daß die Kuppenzone im N zum Teil fehlt, schränkt die Bedeutung der eingehenden Schilderung der morphologischen Verhältnisse für die Gliederung der Fichtenwaldbestände nicht ein. Daher sind die Grenzen der Kamm- und Steilzone in der Übersichtskarte angegeben, die ferner einen Überblick geben will über die Streichrichtung der Kämme, die wichtigsten Wasserläufe, die Verteilung der meteorologischen Stationen, die im Text erwähnten Untersuchungsstellen und endlich über die Ergebnisse der phänologischen Beobachtungen.

Analytischer Teil

Das Klima des Isergebirges

Allgemeines

Infolge der geringen Bedeutung des Isergebirges für den Fremdenverkehr ist für den deutschen Teil, abgesehen von der meteor. Stat. II. Ordnung Bad Flinsberg (475 m), nur ein dichtes Netz von Regenmeßstellen vorhanden. Die jetzige Station Flinsberg wurde am 1.4.1933 in Betrieb genommen. Die von der Badeverwaltung seit Dr. Adam ermittelten Temperaturwerte sind leider zu hoch durch die Aufstellung der Thermometer in einer ungeschützten Wettersäule.



Uebersichtskarte
des
Jsergebirges.

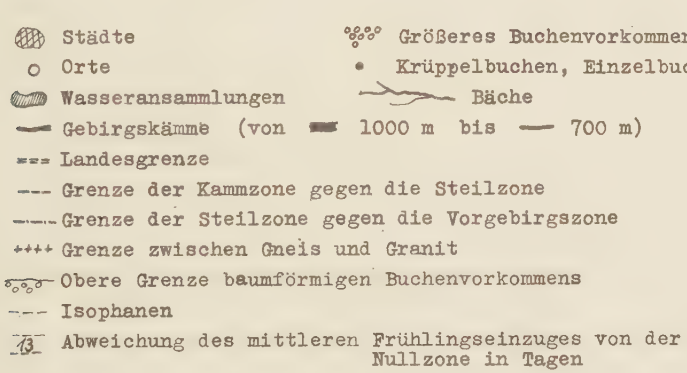
Erklärung der Übersichtskarte

Gebirgskämme:

I. Kemnitzkamm
II. Zackenkamm
III. Hoher Iserkamm
IV. Mitteliserkamm
V. Buchberg
VI. Wälscher Kamm
VII. Haindorfer Kamm
VIII. Siehhübel
IX. Pörner Kaspers Bruch Kamm
X. Großer Kamm
XI. Hüttenbruch Kamm
XII. Schwarzer Berg
XIII. Dressler Hübel
XIV. Saustirn-Lange Berge

Grabestellen:

△ 1 Rabishau
△ 2 Sandberg
△ 3 Ludwigsbaude
△ 4 Queis
△ 5 Flinsberger Hang
△ 6 Hütte
△ 7 Kreuzung
△ 8 Am Forsthaus
△ 9 An der Iser
△ 10 Buchberg-Buchenbestand
△ 11 Buchberg-Fichtenbestand
△ 12 Hemmrich
△ 13 Moorwald



Die unterstrichenen Ortsnamen sind Wettermeßstellen.

(Das 11jährige Sommermittel überschreitet die Werte von 1934.) Die durch Revierförster Kirchner seit 1886 für Groß-Iser ermittelten Temperaturwerte waren mir nicht zugänglich.

Dank dem Entgegenkommen des Herrn Professor Dr. Knoch - Berlin war es mir möglich, eine meteorologische Station II. Ordnung in Groß-Iser Anfang Mai 1933 einzurichten. Durch die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaften wurden mir ein Termograph und ein Hygrograph für diese Station zur Verfügung gestellt. Für diese gütige Unterstützung meiner Arbeit möchte ich auch an dieser Stelle Herrn Professor Knoch und Herrn Professor Diels meinen Dank aussprechen. Zum Vergleich wurden ferner die Meßreihen der deutschen Stationen Oberschreiberhau 643 m, Hasenbaude 1077 m und Görlitz 211 m herangezogen.

Die Meßstelle "Hasenbaude" im Riesengebirge ist in mehrfacher Hinsicht für die folgenden Vergleiche von besonderem Wert. Einmal ist es diejenige deutsche Station des Riesengebirges, deren Meßreihen am ehesten mit den Werten von Groß-Iser verglichen werden können (Tab. 2, S. 144), weil sie direkt benachbart ist und auf annähernd gleicher Höhe liegt. Weiter sind beide Stationen mit Thermo- und Hygrographen ausgestattet. Drittens liegen die Meßhütten beider Stationen auf relativ kleinen Waldblößen inmitten großer Waldgebiete. Die Hütte Groß-Iser liegt auf dem Boden des Tales, das von der großen Iser in NS-Richtung durchflossen wird; die Hütte bei der Hasenbaude liegt auf einer kleinen Hangstufe in 2/3 Höhe des Nordabhanges des Riesengebirgskammes. Diese orographisch verschiedene Lage der Vergleichsstationen bedingt die verschiedene Form und Lagerung des noch zu definierenden Wärmebandes. Ferner ist an der Hasenbaude die einzige Nordhangstation, die den Tal- und Kammstationen zum Vergleich gegenübergestellt werden kann. Wegen der großen Entfernung war es mir unmöglich, am einsamen Nordhang des Hohen Iserkammes eine Feldstation einzurichten. Für das Isergebirgsvorland wurden die von den Herren Lehrern Gutsche und Deuse in Rabishau in dankenswerter Weise gemessenen Temperaturwerte verwendet.

Mit je vier Maxima- und Minimathermometern (Fuess, Berlin), die mir durch das Botanische Museum, Berlin, zur Verfügung gestellt worden waren, habe ich vier Feldstationen eingerichtet. Die Thermometer wurden in haubaren Fichtenaltholzbeständen in 40 cm Höhe über dem Erdboden an starken Stämmen so angebracht, daß sie gegen W sahen. Diese relativ hohe Anbringung war nötig, um sie dem Einfluß der Vegetation zu entziehen. Die einheitliche Ausrichtung wurde gewählt, um eine größere Beeinflussung durch direkte Sonnenstrahlen zu vermeiden und um sie der Hauptwindrichtung auszusetzen (Winterwerte). Die Meßstellen lagen genügend weit vom Bestandesrand und von den Wegen entfernt. Die Thermometer waren gegen Regen und Strahlung ungeschützt, da der Schutz unkontrollierbare Einwirkungen auszuüben vermag. Dafür mißt man in Regenzeiten feuchte Temperaturen (zu niedrig), die angesichts des Temperaturausgleichs durch den Regen nur einen kleinen Fehler hereinbringen. Die Ablesung erfolgte fast täglich zu bestimmter Zeit. Im Frühjahr während der Auerhahnjagd und im Herbst zur Zeit der Hirschjagd mußte ich an einzelnen Tagen die Messungen unterlassen.

Als Meßstellen kamen nur Bestandesteile in Frage, in denen die fortlaufend untersuchten Fichtenwaldassoziationen lagen. Die einzelnen Feldstationen sind nach Geländeteilen benannt.

Die Meßstelle "a n d e r I s e r" lag in einer Fichtengruppe des parkartig aufgelösten Fichtenwaldes da, wo der Bach "Große Iser" in den Flurbereich der Siedlung Groß-Iser eintritt. Hier wird die Einwirkung größter Nebelhäufigkeit und die Eigenart eines typischen Frostloches nur sehr wenig von dem parkartig aufgelösten Bestand ausgeglichen.

Die Meßstelle "a m F o r s t h a u s" nordwestlich vom Forsthaus Groß-Iser wurde nur bis zur Einrichtung der meteor. Stat. in Groß-Iser bedient.

Die Meßstelle "a n d e r H ü t t e" lag 12 m unterhalb des Hohen Iserkammes auf der Südseite unweit der Versuchsfläche. Im gleichen Höhenabstand am Nordhange im Bereich des Fichtenebereschenwaldes lag die Meßstelle "F l i n s b e r g e r H a n g". Die Messungen wurden von Mitte Dezember 1932 bis November 1933 durchgeführt. Die Anfang April 1933 im Buchen-Fichtenmischwald nahe der Leopoldsbaude begonnene Meßreihe wurde bis zum Herbst von dem freiwilligen Beobachter so lückenhaft durchgeführt, daß sie nicht benutzt werden konnte. Durch diese Lücke in den Temperaturmessungen sind die Angaben für das Jahr 1933, das hauptsächlich der Ermittlung der Wärmeunterschiede gewidmet war, nicht so vollständig wie ich es angestrebt hatte. Dafür übernahm Mitte Dezember 1933 Herr Hilfsförster Friebel die Ablesung in einem Fichtenaltbestand mit geringer Buchenbeimischung an dem Südhang des Kemnitzkammes unweit der "L u d w i g s b a u d e". Diese Reihe wurde bis Ende November 1934 sorgfältig durchgeführt, wofür ich Herrn Friebel besonders danke.

Ende Dezember 1933 zerbrach ein plötzlich über Nacht einsetzender Eissturz mehrere tausend Festmeter Holz und den größten Teil meiner Thermometer, so daß ich 1934 nur die Meßreihe an der Ludwigsbaude beendigen konnte. Die für dieses Jahr beabsichtigten mikroklimatischen Temperaturmessungen und die Ermittlung der Wärmeabstufung vom Boden bis über den Kronenraum in Verbindung mit den Verdunstungsmessungen mußten unterbleiben.

Für die böhmische Seite standen mir die Meßreihen von Klein-Iser 863 m, Neuwiese 780 m und Reichenberg 410 m zur Verfügung. Die Klimawerte von G. Menzel 1868 sind leider unzuverlässig. Das Reichenberger Jahresmittel beträgt nach Menzel 5,7°, nach dem mehrjährigen Mittel der Station Reichenberg 7,1°.

Die Thermometer der Stationen Görlitz, Flinsberg, Oberschreiberhau, Reichenberg, Hasenbaude und Groß-Iser waren in meteor. Hütten aufgestellt. In Rabishau, Klein-Iser und Neuwiese waren die Extremthermometer etwa in 1,50 m Höhe vor der Nordwand eines Hauses angebracht. Dieser Aufstellungsunterschied wird sich bei einem vorsichtigen Vergleich der Mittelwerte der Extreme nicht wesentlich bemerkbar machen, zumal bei der Auswertung der Ergebnisse nur große Unterschiede berücksichtigt werden. Nach V. Novak 1935 ergeben sich im Walde für die Temperaturwerte der in 0,5 bis 2,0 m Höhe aufgestellten Thermometer keine klaren Unterschiede, so daß bald Übereinstimmung, bald geringe Abweichungen festzustellen sind. (H. Burger 1931, V. Novak 1935.) Dennoch ist es möglich, daß in verschiedenen Waldbeständen bei längerer Untersuchungszeit sich einheitliche Unterschiede feststellen lassen, die sich dann ähnlich den von R. Geigen 1929 besonders bei mittlerer Bewölkung beobachteten Differenzen auswirken: je näher

dem Boden, desto extremere Maxima und Minima. Würde man die Meßreihen der Hütten und in 1,50 m Höhe vor der Nordwand umrechnen auf 40 cm vom Erdboden, so würden die verschiedenen Wärmebänder breiter werden. Das bedeutet für den Vergleich noch eine Erhöhung der Gegensätze. Da die genannten Stationen außer Hasenbaude Talstationen sind, unterbleibt die unsichere Umrechnung.

Die Wärmebänder

Wenngleich der Wert der Monatsmitteltemperaturen für die Festlegung bestimmter Arealgrenzen und die Charakterisierung einzelner Vegetationsgebiete im Rahmen ganzer Länder überaus wichtig ist, dürfte doch den Extremtemperaturen für die Vegetationseinheiten kleinerer Gebirge der größere Wert zukommen, da das Charakteristische eines Teilklimas in der verschiedenen Temperaturschwankung liegt. Die Temperaturextreme sind forstlich darum besonders wertvoll, da Fichte, Tanne und Buche zu den spätfrostgefährdeten Holzarten gehören und aus den täglichen Wärmemitteln die Spätfrostgefährdung nicht zu erkennen ist. (R. Geiger 1925, Bartels u. Schubert 1935.) Während die Mitteltemperaturen von der Höhenlage abhängen, entscheidet über die Lage der Temperaturextreme die örtliche Lage (Exposition, Orographie). Trotzdem ich nur über ein- und zweijährige Meßreihen verfüge, wage ich eine ausführliche Diskussion der Werte, da die beiden untersuchten Jahre in ihrer thermischen Gestalt überaus verschieden sind und die Wärme ein äußerst wichtiger Faktor der Waldbildung ist. Eine erschöpfende Auswertung wird erst möglich, wenn für sämtliche Stationen mehrjährige Reihen vorliegen.

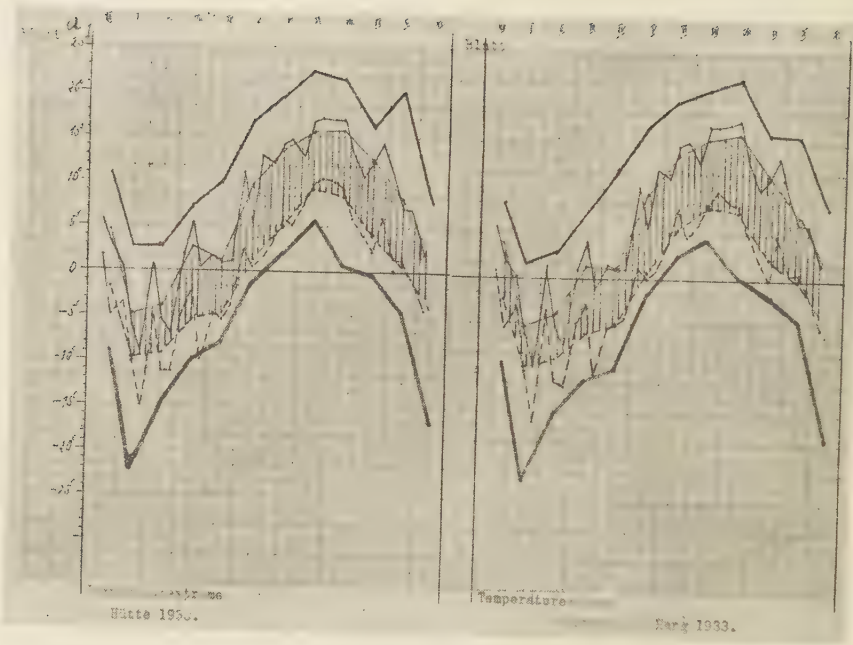
Eine zahlenmäßige, tabellarisch geordnete Gegenüberstellung ist nur für Mittelwerte übersichtlich zu gestalten, weil sich in ihnen die feineren Einzelheiten der Jahreszeiten gegenseitig aufheben. Für die volle Ausdeutung der eingesammelten phänologischen Beobachtungen sind die feinen Unterschiede für die Erklärung nötig. Eine Darstellung, wie sie kürzlich Bartels u. Schubert 1935 in vollendeter Form veröffentlicht haben, würde zuviel Einzelheiten bringen und einen zu großen Zeitaufwand erfordern. Ich habe daher die täglichen Temperaturmaxima und -minima in Monatsdritteln (Dekaden) zusammengefaßt und den Mittelwert errechnet. Außerdem wurden die Monatsmittel beider Faktoren gebildet und die extremsten Werte einzeln angeführt (Tabelle a_1 bis a_7). Das sind sechs Zahlenreihen, die sich leicht übersichtlich mittels eines Koordinatensystems darstellen lassen. Erst nach Abschluß des Temperaturvergleichs fand ich bei Müttrich 1890 eine ähnliche Darstellung, ohne daß eine eingehende Auswertung der erhaltenen Kurvenbilder erfolgt ist.

Die drei Dekaden eines jeden Monats habe ich in einen Zehnerraum der Zeiteinheit so verteilt, daß nur von der 1. zur 2. und von hier zur 3. Dekade je 3 mm die Zeiteinheit bilden, während von der 3. Dekade eines Monats zur 1. Dekade des folgenden Monats 4 mm Zwischenraum sind. Dieser Nachteil wird aufgewogen durch die Möglichkeit einer schnellen und genauen Eintragung der Werte und durch die gleichmäßige Durchführung aller Wertreihen in derselben Raumordnung. Der Raum der Temperatureinheit ist teilgerecht. Ein weiterer Nachteil ist die gerade Verbindung der einzelnen Punkte und die Verlegung der absoluten Monatsextreme auf die Monatsmitte. Diese Schematisierung läßt sich rechtfertigen,

da das örtliche Teilklima nur ein abgewandeltes Allgemeinklima ist, d. h. daß die absoluten Extreme der verschiedenen Stationen selten um mehrere Tage von einander entfernt sind. Eine Angleichung der einzelnen Kurve an den wahren Kurvenverlauf (Dorscheid 1907) ist im Hinblick auf die damit erreichte geringe Verbesserung unzweckmäßig. (Schaubild 1, S. 14, Schaubild a_1 bis a_{12}.)

Die Fläche, die zwischen der Kurve des mittleren monatlichen Maximums und der des mittleren monatlichen Minimums liegt, ist das angenäherte flächenhafte Abbild der Wärmemenge, die den Pflanzen zur Verfügung steht. Da die einzelnen Meßstationen sich gerade durch die verschiedene Lage und Gestalt dieser Fläche unterscheiden, nenne ich sie im folgenden das "W ä r m e b a n d" der betreffenden Meßstelle. Um dieser Benennung auch den bildhaften Ausdruck zu geben, ist das Band schraffiert worden, damit es sich bei der Deckung zweier Blätter besser abhebt. Gleichzeitig sind die Längen der Schraffenstriche der Ausdruck für die mittlere monatliche Schwankungsweite der Temperatur in Celsiusgraden. Bringt man zwei beliebige Schaubilder verschiedener Stationen mit ihren Wärmebändern zur Deckung, so fällt auf, daß die Kurve der absoluten Maxima und die Kurve der mittleren Maxima für dasselbe Jahr sich relativ gut decken, während häufig bei verschieden hoch gelegenen Stationen die entsprechenden Minimakurven sich nicht gleichzeitig decken. An der seitlichen Gradskala läßt sich bequem der Lagerungsunterschied der betreffenden Kurve, bezogen auf die Vergleichskurve, ausgedrückt in Temperaturgraden, ablesen. Dasselbe Verfahren kann auch für die absoluten Minima und die mittleren Minima durchgeführt werden, wobei sich meist ein anderer Zahlenwert ergibt. Ich möchte, wie eben bei dem Wärmeband, diese ermittelten Gradzahlen die "r e l a t i v e n L a g e r u n g s z a h l e n" der betreffenden Temperaturkurven zweier verschiedener Meßorte nennen.

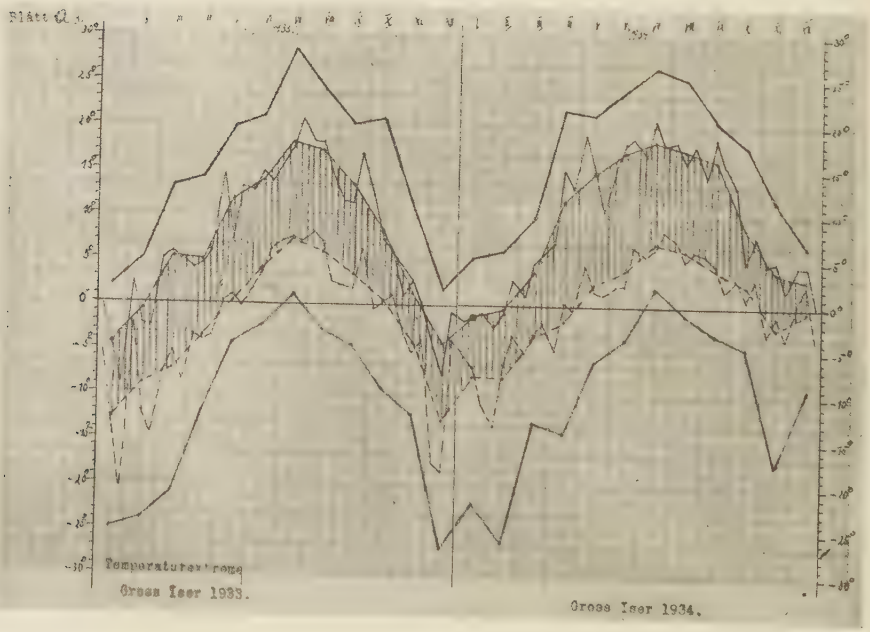
Betrachtet man die Bilder der Wärmebänder der Meßstationen, so ist ein deutlicher Unterschied in der Breite der Wärmebänder zu erkennen. Die Mehrzahl der dargestellten Meßstellen besitzt mehr oder weniger gleich breite Wärmebänder bei verschiedener Lagerung der Bänder zur 0°-Linie. Neuwiese hat ein mittelbreites, Hasenbaude, Hütte und Flinsberger Hang haben schmale Wärmebänder. Die Meßstellen mit dem relativ breiten Wärmebande sind ausnahmslos Talstationen trotz ihrer sehr verschiedenen Höhenlage: Görlitz 211 m, Klein-Iser 880 m. Neuwiese liegt dagegen in einem flachen Talanfang (780 m), Hasenbaude ist Steilhangstation und Hütte und Flinsberger Hang sind Kammstationen. Daher gilt der Satz von Müttrich 1890, S. 398, daß im Gebirge gegenüber dem Flachland die Extreme näher aneinanderrücken, nur für die Hangstationen. Die Lage der drei letzten Stationen inmitten zusammenhängender Waldungen hat auf die Kurvenführung im einzelnen einen Einfluß. Die Lage am Hang ist aber für die geringe Breite des Wärmebandes entscheidend. Müttrich 1890, S. 522, stellt fest, daß im ozeanischen Klima die Unterschiede der Wärmebänder auf Feld- und Waldstationen in fast allen Monaten kleiner sind als im Kontinentalklima. Da die Hangstationen als die dem Seeklima näherstehenden Standorte aufzufassen sind, überwiegt am Hang der Hangwärmeeinfluß den Einfluß des Waldes auf die Breite des Wärmebandes. Müttrich 1890, S. 514, hebt den Gegensatz zwischen dem ozeanischen und dem kontinentalen Klima für den Wald bereits hervor, indem er feststellt, daß auf den Stationen, die



Hütte 1933.

Temperature

Mark 1933.



Temperaturen

Grosse Iser 1933.

Grosse Iser 1934.

mehr dem Kontinentalklima angehören, das Intervall, über welches sich die Maxima- und Minimakurven erstrecken, größer ist als auf denen, die sich mehr dem Seeklima nähern.

Die Gestalt und Breite des Wärmebandes ist der bildhafte Ausdruck für die mittlere Schwankungsbreite der Tagestemperaturen, also auch bis zu gewissem Grade ein Ausdruck für die Kontinentalität bzw. Ozeanität des Standortklimas.

Relative Lagerungszahlen

Die durch den Vergleich der Wärmebänder ermittelten relativen Lagerungszahlen der mittleren Maxima- oder Minimakurven der einzelnen Meßstellen sind unter Berücksichtigung der zwei Meßjahre übersichtlich in den Tabellen b_1 bis b_8 zusammengestellt.

Man kann die Meßstationen nach der Ausformung ihrer Kurvenpaare in vier Gruppen einteilen:

1. Zu den Nordhangstationen gehören Flinsberger Hang, Hasenbaude und Flinsberg.
2. Zu den Südhangstationen gehören Hütte, Forsthaus, Ludwigsbaude und Neuwiese im Jahre 1934.
3. Zu den Gebirgstalstationen gehören Groß-Iser, Klein-Iser, Neuwiese im Jahr 1933 und an der Iser.
4. Zu den Flach- oder Vorlandstationen gehören Görlitz, Reichenberg und Rabishau.

Die unterscheidenden Merkmale der einzelnen Gruppen werden im Lauf der folgenden Besprechung gegeben. Daß die Meßstelle Neuwiese gleichzeitig zwei Gruppen angehört, wird durch den großen Einfluß der Sonnenstrahlung auf den wenig geneigten Talanfang hervorgerufen.

Die Kurven der monatlichen Mittelwerte sind über die ganze Länge des Jahres nicht vergleichbar; dagegen sind die Teile von Februar bis April, von Mai bis Oktober und von November bis Januar gut vergleichbar. Daß auf diese Weise der Februar dem Frühling zugerechnet wird, ergibt sich aus der Kurvenform, denn 1934 hatte dieser Monat die Gestalt, die 1933 dem März zukam.

Die Tabellen der Lagerungszahlen (vgl. Tab. 3, S. 145) sind so geordnet, daß für die gleiche Jahreszeit die mittleren Maxima und Minima einander gegenüberstehen. Die Zahlenwerte in den Tabellen sind Celsiusgrade. Die Diagonale trennt die zwei Meßjahre. Bei dem Überschreiten der Diagonalen kehren die Vorzeichen der Vergleichswerte sich um. Liest man z.B. in der Tab. 3 von links für 1933, daß Flinsberg um $3{,}0^{\circ}$ wärmer lag als Neuwiese, so bedeutet bei entgegengesetzter Lesrichtung dieselbe Zahl, daß Neuwiese 1933 um $3{,}0^{\circ}$ kühler war als Flinsberg. Die oberhalb der Diagonalen angegebenen Klammerwerte sind die Differenzen zwischen den entsprechenden Werten für 1933 und 1934; auch hier gelten die Vorzeichen sinngemäß.

Durch den Vergleich zweier zusammengehöriger Tabellen lassen sich für die betreffende Jahreszeit die Wärmeverhältnisse ablesen, auch wenn man das Wärmeband nicht vor Augen hat. So findet

man z.B. (Tab. 3), daß das mittlere Maximum im Frühjahr am Flinsberger Hang um 9°, an der Iser um 5° tiefer liegt als in Görlitz. Für das mittlere Minimum sind die entsprechenden Zahlen 6,4° und 7,4°. Oder man findet an den streng vergleichbaren Meßstellen Görlitz, Hasenbaude und Groß-Iser, daß das mittlere Maximum in Iser um 5,3°, an der Hasenbaude um 6,7° tiefer liegt als in Görlitz. Dagegen ist das mittlere Minimum an der Hasenbaude um 4,4° und in Iser um 6,3° geringer als in Görlitz. Trägt man die Strecken parallel zu einander in geeigneter Weise auf, so ergibt sich die Breitendifferenz der zwei Wärmebänder, d.h. die Differenz der mittleren monatlichen Wärmeschwankungen, bezogen auf die Jahreszeit. Eine völlige Auswertung der Tabelle ist pflanzensoziologisch uninteressant. Die leicht erkennbaren wichtigen Ergebnisse je zweier Vergleichstabellen werden kurz zusammengefaßt:

Die relativen Lagerungszahlen im Winter

Die einzelnen Stationen einer Gruppe haben unter einander ähnliche Lagerungszahlen im Gegensatz zu anderen Stationsgruppen. Meßstellen der extremsten Lagen haben auch die höchsten Lagerungszahlendifferenzen. Für die mittleren Monatsmaxima stehen die Gebirgskämme dem Flachland, für die mittleren Monatsminima die Gebirgstäler dem Flachland gegenüber.

Für die mittleren monatlichen Maxima ist der Tab. b_1 zu entnehmen: Bei fast gleicher Höhenlage sind die entgegengesetzt exponierten Kammhanglagen nahezu gleich, der S Hang hat einen geringen Wärmevorsprung. Die nur um 34 m tiefer gelegene N Hangstation Hasenbaude und die um 283 m tiefer gelegene Station an der Iser liegen im Durchschnitt um 1,5° bzw. 1,0° wärmer als die eben genannten Stationen. Klein-Iser hat in beiden Jahren einen kleinen Wärmevorsprung (0,3°) vor Groß-Iser. Von den gleich hoch gelegenen Stationen Ludwigsbaude und Neuwiese liegt die erstere für 1934 als Steilhangstation um 1°wärmer als der lehngeneigte Talanfang bei Neuwiese. Trotz einer Höhendifferenz von 233 m überragt das tiefer gelegene Reichenberg nur mit 0,3° Wärmevorsprung Schreiberhau in beiden Beobachtungsjahren. 1933 ist Görlitz um reichlich 3°, 1934 dagegen nur noch um 1° wärmer als Reichenberg (S - Lage von Reichenberg). Während am Kamm entgegengesetzt exponierte Hänge durch den Waldbestand fast gleich warm liegen, wächst mit abnehmender Höhenlage besonders für Freiflächen der Wärmevorsprung der S-Lage vor den N-Lagen. Reichenberg (+ 5 m) hat vor Rabishau bei annähernd gleicher Exposition und Höhenlage nur 0,4° Wärmevorsprung. Es läuft im Lagerungszahlenverhältnis zu den übrigen Orten meist parallel zu Rabishau. Flinsberg dagegen, im Schutz vor dem im Winter häufigen S und NW Winden, ist dem tiefer gelegenen Reichenberg (65 m) und Rabishau (70 m) gegenüber um 1° bzw. 1,3° wärmer.

Vergleicht man die Lagerungszahlen der gleichen Meßstellen für die beiden Meßjahre, so sind durch den wärmeren Winter 1933/34 vor allem die Hangstationen und Hangfußstationen und die Gebirgstalstationen im Verhältnis zu dem Flachland stärker begünstigt worden.

Während für das mittlere Monatsmaximum die Exposition bei sonst gleichen Bedingungen den Ausschlag gibt (Sonnenstrahlung), tritt für das mittlere Monatsminimum die orographische Lage der

Meßstelle an dieselbe Stelle. Die kalte Luft fließt von den Hängen nach den Tallagen hin ab und bildet bei Abflußmangel einen Kältesee. (H. Schindler 1918.) Der bildhafte Ausdruck dafür liegt in der verschiedenen Breite der Wärmebänder. Die beiden vom Wald eingeschlossenen Kammhangstationen haben fast gleiche Lagerungszahlen bei gleicher Höhenlage, sie liegen um reichlich 1° wärmer als die Gebirgstalstationen trotz einer Höhendifferenz von knapp 300 m. Fast den doppelten Wärmevorsprung vor den Gebirgstälern erreichen die Hangstationen durch die unausgesetzten Luftbewegungen am Hang. Bei gleicher Höhenlage ist bei vorhandenem Windschutz (Oberschreiberhau) der Wärmegewinn am größten. Das am flachen S Hangfuß gelegene Reichenberg hat bei einer Höhendifferenz von 200 m ein um 1,6° geringeres Minimum als Görlitz. Die in ihrer Höhenlage ähnlichen Stationen Rabishau, Flinsberg und Reichenberg haben fast dieselben Lagerungszahlen. Das bedeutet für das am höchsten gelegene Flinsberg eine deutliche klimatische Begünstigung (Windschutz, heitere Tage. Adam 1886.)

Der Vergleich der Lagerungszahlen ein- und derselben Stationen durch die zwei Meßjahre ergibt, daß die beiden Stationen Reichenberg und Görlitz gegenüber allen übrigen Stationen durch den milden Winter 1934 wärmer liegen als im Vorjahr, wobei Reichenberg einen kleinen Vorsprung hat. Von den übrigen Stationen war nur Oberschreiberhau und teilweise Neuwiese begünstigt.

Die Lagerungszahlen im Frühjahr

Dasselbe Vergleichsverfahren ergibt für die mittleren Monatsmaxima im Frühjahr: Die Hütte erreicht vor dem Flinsberger Hang den bedeutendsten Wärmevorsprung des Jahres 0,6° bis 1,0°. Da diese zwei Stationen direkt vergleichbar sind, liegt in der genannten Tatsache der Hinweis, daß S Hangstationen gegenüber N Hangstationen ein kontinentaleres Klima haben. Die Unterschiede sind auf so kurze Entfernung im Wald freilich recht klein. Die Hasenbaude liegt dagegen um 2° wärmer als der Flinsberger Hang. Die Gebirgstäler sind um 3° bis 4° den Kammhangstationen voraus, ähnlich ist das Verhältnis zwischen an der Iser (1,0°) und Forsthaus. Bei gleicher Höhenlage ist der steilere S Hang (Ludwigsbaude 1934) dem flachen S Hang (Neuwiese) um 0,6° überlegen. (Geiger 1929.) Dasselbe Verhältnis ergibt zwischen Reichenberg und Rabishau für den ersten Ort einen Vorteil von 1,3°. Das entspricht dem Satz von Geiger 1929: Je heiterer das Wetter, desto wirksamer ist der Einfluß der Exposition. Dabei verläuft die Symmetrieachse der Wärmeverteilung bei heiterem Wetter (No - SW) senkrecht zur Streichrichtung des Hohen Iserkammes. Flinsberg ist trotz der höheren Lage gegenüber Rabishau um 0,6° wärmer. Als nordexponierte Hangfußstation ist es Reichenberg gegenüber bei 65 m Höhendifferenz 1933 um 1,0°, 1934 um 0,6° unterlegen. Görlitz hat, obgleich es um 200 m tiefer liegt als Reichenberg, nur einen Wärmevorsprung von 1°, der sich 1934 noch verkleinert.

Durch die schnelle Wärmezunahme im Frühjahr 1934 ergibt sich für die gleichen Meßstationen im Vergleich zu 1933 teilweise ein Wärmegewinn bis zu 2° (Hasenbaude: Gebirgstäler). Während für die Flachlandstationen im Verhältnis zu den übrigen Stationen der Wärmevorteil sich verkleinert, werden besonders die Hangstationen durch das wärmere Frühjahr verhältnismäßig viel stärker gefördert;

dafür scheint mehr die stärkere Hangneigung als die südliche Exposition der nördlichen gegenüber entscheidend zu sein.

Für die mittleren Monatsminima lassen die relativen Lagerungszahlen im Frühjahr folgendes aus der Tabelle b_4 erkennen: Auch hier liegt die südliche Kammhangstation günstiger als die nördliche, und die Hasenbaude liegt sogar um 2^0 bis $2{,}5^0$ wärmer als die nur um 34 m höheren Kammhangstationen. (NO Lage, an der das Minimum durch die Sonne früher beendet wird.) Die Gebirgstalstationen liegen im Gegensatz zu dem Verhältnis der Maxima bis zu 1^0 kälter als die Kammhangstationen, und bis zu 3^0 kälter als die fast um 300 m höher gelegene Hasenbaude. Zwischen Neuwiese und Ludwigsbaude bleibt das Verhältnis wie bei den Maxima. Von den Stationen Flinsberg, Reichenberg und Rabishau zeigt die letztere im Gegensatz zu den beiden anderen, die mehr unter dem Taleinfluß stehen, die kleineren Minima. Daher ist zwischen Görlitz und Rabishau die Differenz der Lagerungszahlen auch am kleinsten, die von Flinsberg und Reichenberg unterscheiden sich kaum. Der Einfluß eines geschlossenen Bestandes auf die Luftwärme im Gegensatz zu dem parkartigen Iseruferwald bei einem Höhenunterschied von 50 m wird durch das um 3^0 höher gelegene mittlere Minimum am Forsthaus ersichtlich. Diese Milderung der Minima ist für den Wärmehaushalt des Waldes um so beachtlicher, als der Wald sonst kühler ist als das Freiland. (Erhöhter Strahlungsschutz, H. Lehmann 1936.)

Vergleicht man die Lagerungszahlen der zwei Meßjahre unter einander, so ergibt sich, daß die Minima der Stationen Flinsberg, Reichenberg, Görlitz 1934 im Verhältnis zu den übrigen Stationen höher liegen als im Vorjahre.

Die Lagerungszahlen im Sommer

Die Lagerungszahlen der mittleren monatlichen Sommermaxima bei den Kammhangstationen decken sich fast untereinander und mit der Hasenbaude. Die Gebirgstalstationen liegen um $2{,}0^0$ bis $2{,}7^0$ wärmer als die Kammhangstationen. Neuwiese und Ludwigsbaude decken sich völlig. Flinsberg liegt wärmer als Rabishau, wird aber von Reichenberg um 1^0 übertroffen. Im Vergleich zu den bereits besprochenen Tabellen sind hier die Unterschiede zwischen den beiden Meßjahren sehr klein. Nur Flinsberg und die Flachlandstationen haben im Verhältnis zu den übrigen Meßstellen um $0{,}2^0$ bis $0{,}4^0$ höhere mittlere Maxima als im Vorjahr.

Hinsichtlich der mittleren Monatsminima liegt die Hütte im Sommer um $0{,}6^0$ wärmer als der N Hang in gleicher Höhenlage. Die Hasenbaude hat vor der Hütte einen Wärmevorsprung von $0{,}7^0$. Die Gebirgstäler haben den breiten Wärmebändern entsprechend ein um $1{,}3^0$ bis $1{,}7^0$ tiefer gelegenes Minimum. Bei Hasenbaude 1077 m, Neuwiese 780 m und Oberschreiberhau 643 m decken sich die relativen Lagerungszahlen fast ganz in beiden Jahren. Das bedeutet für die obere Hangmitte bei der großen Höhendifferenz eine sehr große Wärmeförderung. Der Bestand an der Ludwigsbaude (Taleinfluß) liegt um $1{,}6^0$ kälter als Neuwiese, der Unterschied zur Hasenbaude beträgt sogar 2^0. Ähnlich den Verhältnissen im Frühjahr stehen sich auch hier Reichenberg und Flinsberg einerseits und Rabishau und Görlitz andererseits näher trotz der Höhendifferenz, weil sie paarweise der orographischen Lage nach einander entsprechen.

Vergleicht man dieselben Meßstellen in den zwei Meßjahren, dann zeigen wiederum Flinsberg und die Flachlandstationen 1934 höhere Minima im Verhältnis zu den Vergleichsstationen. Neuwiese und Hasenbaude genießen denselben Vorzug allen Vergleichsstationen gegenüber außer Görlitz.

Die Lagerungszahlen der Extremtemperaturen

Die Höhe der absoluten Temperaturextreme hängt im besonderen Maße von der Aufstellung der Thermometer ab. Ich habe die relativen Lagerungszahlen nur für die Vegetationszeit angeführt, dabei sind für verwandte Stationen auch die winterlichen Werte sehr ähnlich. Beobachtet man beim Vergleich die Führung der Kurven, so fällt auf, daß die Kurven der absoluten Minima bedeutend einheitlicher geformt sind als die der absoluten Maxima. (Übereinstimmung mit Burger.) Ausgesprochene S Hänge, aber auch nur nach S lehngeneigte Flächen zeigen einen deutlichen Anstieg der Kurve der absoluten Maxima vom September zum Oktober (Strahlung im Herbst); im Gegensatz dazu besitzen die Talstationen und die N Hänge nur ein Anhalten des schroffen Temperaturabfalls (Flinsberg). 1934 erstreckt sich das stumpfe Sommermaximum bis in den September hinein (vgl. Sonnenscheindauerkurve). Allgemein besitzen die Flachlandstationen einen steileren Wärmeabfall im Herbst sogar im Vergleich mit den Gebirgstalstationen, da hier bei den als gehobene Heizflächen wirkenden Hängen (Wagner 1932) bei kurzer Sonnenscheindauer die tagsüber ergänzte Wärmereserve der Luft und des Bodens nicht so schnell absinkt. In Waldbeständen schützt das Kronendach vor raschem Temperaturausgleich des träge reagierenden Bestandesluftkörpers und vor Wärmeverlust durch Ausstrahlung. Die verschiedene Schwankungsbreite der mittleren monatlichen Tagestemperaturen zwischen Hang und Talstationen ist auch für die absoluten Maxima durch jahreszeitlich verschiedene Lagerung der Kurventeile zu erkennen. Das ist besonders für die Hasenbaude 1934 aus der Tabelle b7 zu ersehen, wo die Lagerungszahlen nach Winter und Sommer getrennt angegeben sind. Der Herbst und Winter ist an den Hängen wärmer als in den Tälern. Bei Waldmeßstellen erfolgt eine deutliche Verschiebung des höchsten absoluten und der mittleren Monatsmaximums von dem Juli in den August (durch Schirm bedingte langsame Erwärmung des Bestandesluftkörpers), selbst am steilen S Hang (Hütte) erfolgt bei der absoluten Maximakurve nur ein geringer Abstieg vom Juli zum August. Der Abstieg ist für die Flachlandmeßstationen durchweg beträchtlich größer. Auch hier ist für 1934 ein geringer, aber gleichsinniger Unterschied vorhanden.

Im Vergleich zu den Flachlandstationen zeigen für die absoluten Maxima die Kammhangstationen die größten, die Hangfußstationen die geringsten Wärmeunterschiede. Für die absoluten Minima sind dagegen die Lagerungszahlen der Gebirgstalstationen am höchsten, während die Hangstationen den Flachlandstationen gegenüber weniger extremer Kälte ausgesetzt sind. Die Differenz der Lagerungszahlen zwischen den beiden Beobachtungsjahren sind für beide Absolutkurven nicht einheitlich. Die absoluten Maxima liegen im allgemeinen 1934 höher. Auffällig ist, daß das Septembermaximum in Görlitz bei der Meßstelle Ludwigsbaude nur um 1° unterschritten wird trotz des beträchtlichen Höhenunterschiedes von 570 m. Die Gebirgstalstationen haben fast gleiche Lagerungszahlen, doch scheint Klein-Iser kälter zu liegen als Groß-Iser.

Die Differenz der Lagerungszahlen der absoluten Minima in den zwei Meßjahren zwischen Görlitz und Reichenberg beträgt zum Teil mehr als das Doppelte der Differenz der absoluten Maxima (Taleinfluß bei Reichenberg). Dieselbe Differenz für Rabishau und Flinsberg ist noch größer, da für die Maxima Flinsberg wärmer liegt als Rabishau, während die Minima von Rabishau kleiner sind. Die Gegensätze sind 1934 geringer. Vergleicht man die Gebirgstalstationen mit Neuwiese, so ist die Differenz der Lagerungszahlen der absoluten Minima zum Teil doppelt so groß wie die der absoluten Maxima in beiden Jahren. Bei dem Vergleich von Groß-Iser mit Klein-Iser zeigt sich, daß Klein-Iser bis 1° wärmer liegt als Groß-Iser. Nach Klein (Schindler 1918) wirkt die Bodengestalt als Modul für die Schichtung der kalten Luft.

Vergleich der reinen Zahlenwerte der mittleren monatlichen Temperaturextreme

Abschließend sollen die absoluten Zahlenwerte der Temperaturextreme für die zwei Meßjahre einander gegenüber gestellt werden (Tabelle c_1 bis c_2). Die Differenz der absoluten Maxima der zwei Beobachtungsjahre im April und Juni wird mit zunehmender Höhenlage immer kleiner. Der erhöhte Wärmeeinfluß ist im April 1934 einheitlicher als im Juni, wo die Werte der einzelnen Stationen größeren Abstand haben. (Sonnenscheindauerkurve.) Im September und Oktoberanfang zeigen die Hanglagen (besonders S Hang) den größten Wärmevorsprung. Errechnet man aus dem April- und Septembermaximum das Mittel als die untere Grenze der maximalen Erwärmung während der Vegetationszeit, dann entspricht die nach abnehmenden Differenzen dieser Mittel geordnete Reihe nicht der Reihe der zunehmenden Höhenlage, sondern die Hangstationen sind wieder im Vorteil (Hasenbaude, Neuwiese und in Hangfußlage Flinsberg, Reichenberg). Dasselbe gilt für die aus den Minima (Mai + Oktober) berechnete untere Grenze der größten Abkühlung, sofern man die orographische Lage der Station beachtet. Dagegen wurden durch das wärmere Jahr besonders die Minima der Talstationen gehoben im Gegensatz zu der geringen Förderung der Hangstationen.

Mißt man den auf den Schaubildern leicht abzulesenden frostfreien Raum der einzelnen Stationen aus, so zeigen Schreiberhau (1 Monat) und Flinsberg (0,9 Monat) die größte Verlängerung, die Hasenbaude (0,2 Monat) die kleinste Verlängerung des frostfreien Raumes an durch das wärmere Jahr 1934. In Görlitz drückt der Kälterückfall im März und April 1933 die Minima nicht unter 0°, so daß der Gewinn an frostfreier Zeit nur so hoch ist wie an der Hasenbaude.

Die Differenzen der mittleren monatlichen Maxima sind an sämtlichen Stationen im April 1934 am höchsten (6° bis 7°), im Mai, Juni und September sind die Werte nur halb so groß. Im Sommer sind die Unterschiede ohne Bedeutung. Dieser hohe Wärmegewinn im April ist besonders auffällig, da in Normaljahren durch die vorhandene winterliche Kältereserve der Einfluß der erhöhten Sonnenscheindauer nur gering ist. Das sonnenscheinreiche Jahr 1934 hat also entsprechend dem doppelten Maximum der Sonnenscheindauerkurve (Schaubild a_9) den größten Einfluß auf die verfügbare Wärmemenge besonders von April bis Juni und durch das zweite Maximum im September ausgeübt (Parallelismus zwischen Temperatur- und

Sonnenscheindauerkurve, vgl. Bodentemperaturen). Die Differenzen der mittleren monatlichen Minima sind von April bis Juni 1934 im Gegensatz zu den absoluten Minima besonders für die Hasenbaude (bis 5°) und die übrigen Hangstationen verhältnismäßig groß. Im September und Oktober 1934 zeigen die Talstationen den größten Wärmegewinn. Daher liegt der geringste Unterschied in der mittleren monatlichen Temperaturschwankung 1934 dem Vorjahr gegenüber bei den Hangstationen. Bei den schon recht geringen Tagesschwankungen der Hänge den Tälern gegenüber wird eine kräftige Erhöhung der mittleren Minima für den Wärmehaushalt besonders wertvoll sein. Den auffälligsten Ausdruck dieser Erscheinung findet man in der weitesten Vorverlegung der ansteigenden Luftwärmekurve im Frühjahr bei den Stationen Hasenbaude und Neuwiese.

Vergleicht man die Wärmebänder ein- und derselben Meßstelle in den zwei Meßjahren miteinander und bringt den steilen Frühlingsanstieg der mittleren monatlichen Maximakurve zweier Blätter zur Deckung durch die seitliche Verschiebung längs der 0°-Linie, so läßt sich an der Zeitabszisse leicht die Verfrühung des Frühjahrsanstieges 1934 in Monaten ablesen (Tab. c_2). Hasenbaude und Neuwiese haben den größten Gewinn (1 Monat). Wäre eine steile S Hangmitte in diesen zwei Jahren bemessen worden, so würde wohl dort der Vorsprung noch etwas größer gewesen sein. Am wenigsten haben Görlitz, Rabishau und Flinsberg gewonnen. In diesem Ergebnis liegt der Hinweis, daß der Frühling in der Hangmitte einfällt und von da hangabwärts und hangaufwärts wandert. An der Stelle, wo die nördliche Steilzone in die Kammzone übergeht, muß er am spätesten eintreffen.

Der Zeitraum, in dem das mittlere Minimum über 0° liegt, wächst nach Maßgabe der orographischen Bedingungen, unter denen die Station steht, mit abnehmender Höhenlage. Durch den wärmeren Sommer 1934 wurde an den Hangfußstationen in Flinsberg um 2,75 und in Reichenberg um 2,7 Monate dieser Raum vergrößert. Bei den Gebirgstalstationen beträgt die Verlängerung nur 0,5 bis 1,0 Monat. Würde in den Gebirgstälern an der Erdoberfläche gemessen worden sein, so hätte sich wahrscheinlich die Vermutung von Ratzeburg 1842 und Partsch 1911 bestätigt, daß es hier keinen Monat ohne Bodenfrost gibt.

Gleichgültig, nach welchen Gesichtspunkten man eine Ordnung der benutzten Meßstellen durchführt, ergibt sich immer wieder ein großer Gegensatz zwischen dem Hangklima und dem Talklima (Aichinger 1933), ohne durch die verschiedene Höhenlage der Talstation gestört zu werden. Diese Differenz übertrifft weit die möglichen Fehler, die durch verschiedene Aufstellung oder mangelnde Meßgenauigkeit verursacht werden können. Schon Ratzeburg 1842 hebt die günstige klimatische Lage der Hänge hervor, wenn er auf den Gartenbau an der Michelsbaude hinweist im Gegensatz zu dem Fehlen eines Gartens in Groß-Iser. Da die Talstationen meistens nicht auf dem Talboden, sondern am Hangfuß stehen, werden verschiedene Übergänge sichtbar. Je nach Ausformung des Tales scheint die Hangwärmewirkung bzw. die Talkältewirkung am Hang verschieden hoch hinauf zu reichen.

Der tägliche Gang der Wärme- und Feuchtigkeitsschwankungen

Der Gegensatz zwischen typischen Hang- und Talstationen ist wie bei dem Jahreslauf auch am täglichen Wärme- und Feuchtigkeitsablauf zu erkennen. Für diesen Zweck habe ich die vorhandenen Thermo- und Hygrographenstreifen der Stationen Groß-Iser und Hasenbaude miteinander verglichen.

Auf allen Thermographenstreifen erkennt man wie auf dem besprochenen Septemberstreifen bei schönem Wetter einen steilen Temperaturanstieg morgens zwischen 6 und 9 Uhr; z.B. am 29. 9. stieg in Iser die Luftwärme von 1,8° auf 18,5°, also um 16,7°; an der Hasenbaude von 8,0° auf 17,0°, also um 9,0°. Oder am 30. 9. in Iser von - 1,0° auf 17,0°, also um 18,0°; an der Hasenbaude von 9,0° auf 18,0°, also um 9,0°.

Die Dauer des Temperaturmaximums ist gleich, nur daß es an der Hasenbaude um eine Stunde früher liegt (NO). Diese Differenz dürfte sich im Frühjahr vergrößern. Der Wärmeanstieg ist auch in den anderen Monaten in Iser innerhalb der gleichen Zeitspanne größer, er ist steiler als an der Hasenbaude. Auch für die Einzelbewegungen bei plötzlicher Wärmeänderung (Föhn) ist die Iserkurve stärker bewegt (5° bis 6° am 5. 11. 1934), die Kurve der Hasenbaude ist dagegen flacher (1,5° am gleichen Tag). Bei trübem oder Regenwetter decken sich die Kurven häufig, die Extremwerte in Iser bleiben aber auch hier größer. Die größere Wärmeschwankung erfolgt in Iser deutlich einseitig nach dem Minimum hin, was für das Jahr 1934 auch durch den Vergleich der Wärmebänder zu erkennen ist. Die Kurvenform der Thermographenstreifen in Arnsdorf (Hangfuß) decken sich fast mit denen von Iser. Die Schneekoppe als Kammstation hat dagegen eine äußerst flache Kurvenführung.

Der Wärmekurve entsprechend ergibt sich für die Hygrographenkurve derselbe Gegensatz. Auch hier ist Iser extrem feuchter oder trockner als die Hasenbaude. Die Einzelschwankung ist dagegen an der Hasenbaude häufiger und größer als in Iser. Im Winter 1934 verharrte die relative Feuchtigkeit in Iser auf etwa 88 %, an der Hasenbaude war die Kurve bewegter und lag bedeutend tiefer (trockner).

Vergleich der Temperaturbereiche

Einen Einblick in die Wirkung des wärmeren Jahres auf die einzelnen Temperaturbereiche von - 5° bis 0°, 0° bis 5°, 5° bis 10° usw. erhält man durch die Gegenüberstellung der Anzahl der Tage eines Monats in beiden Beobachtungsjahren der Vegetationszeit, deren Maxima oder Minima obigen Temperaturintervallen angehören. Die Tab. d_1 bis d_4 ist nur für die vier Stationen des eigentlichen Isergebirges durchgeführt. Das Schaubild b_1 bis b_2 bringt dagegen daraus nur die Maxima für die Vegetationszeit derart zur Darstellung, daß nur der Gewinn oder Verlust des Jahres 1934 an Tagen der entsprechenden Temperaturbereiche aufgetragen ist.

Die Schaubilder heben das doppelte Maximum im Frühjahr und im September hervor (vgl. Wärmebänder). Die Station Groß-Iser wird für den Bereich $> 10°$ im April und August gefördert, in Neuwiese ist die Förderung im April größer, dagegen erscheint Reichen-

berg trotz S Lage im März, April, Juli und Oktober weniger begünstigt zu sein als Flinsberg, weil es für $> 15^{\circ}$ im April und für $> 25^{\circ}$ von April bis Juni und im September Flinsberg weit übertrifft. Für den Bereich $> 15^{\circ}$ fällt besonders die starke Wärmezunahme an der Station Groß-Iser auf, die im Mai und September am deutlichsten hervortritt. Im April übertrifft Reichenberg den Gewinn von Flinsberg, es bleibt dagegen im August zurück (Grund: Teilbild 3). Für den Bereich $> 20^{\circ}$ sind sämtliche Stationen stark gefördert, nur nicht im August. Neuwiese und Flinsberg wiederholen das Bild von Groß-Iser aus Teilbild 2 entsprechend der Höhenlage in einem um 5° wärmeren Bereich. Im Bereich $> 25^{\circ}$ treten Neuwiese und Groß-Iser stark zurück gegenüber den Hangfußlagen Reichenberg und Flinsberg, die im Juni das Maximum der Förderung erhalten.

Entsprechend der jährlichen Wärmezu- und -abnahme wandert das Maximum der Förderung bei steigender Temperatur vom April (10° bis 15°) über den Mai (15° bis 20°) zum Juni (20° bis 25°). Dabei wandert der größte Wärmegewinn mit der Wärmezunahme von den Hangstationen (10° bis 15°) zur der Kammzone (15° bis 20°) und zurück zu den Hangstationen (20° bis 25°) und dann erst zu dem Hangfuß (über 25°). (Phänologie.) Auf das Ganze gesehen erhält das Frühjahr und der September im Verhältnis zum Vergleichsjahr eine stärkere Wärmeförderung als der Sommer. (Vgl. die Wärmebänder, bei denen auch das wärmere Jahr durch den stumpfen Bandkegel und das normale Jahr durch den steilen Bandkegel charakterisiert wird.) Auf Grund dieser Gegenüberstellung ist phänologisch zu erwarten, daß durch den verfrühten Frühling nur der Vegetationsbeginn vorverlegt wird, während der Sommer wieder normal erscheint. Hierbei müssen noch die Minima besonders im Juni beachtet werden. Endlich dürfte durch den verschiedenen Zeitpunkt des Maximums der verschiedenen Temperaturintervalle zu erwarten sein, daß die Hang- und Gebirgsstationen phänologisch stärker reagieren werden als die Flachland- und Talstationen wegen ihrer tiefer gelegenen oberen Wärmegrenze (Tab. c_1, Spalte 5). Der für die Vegetation besonders im Gebirge so ungünstige Kälteeinbruch im Mai und Juni findet durch den Wärmeverlust in diesen Monaten in der Kammzone für den Bereich 10° bis 15° und am Hangfuß für den Bereich 15° bis 20° (Schaubild b) seinen Ausdruck.

Sonnenscheindauer

Die übernormale Luftwärme des Jahres 1934, die in Breslau seit Meßbeginn (1851) noch nicht beobachtet wurde, ist in erster Linie auf eine große Zunahme der Sonnenscheindauer zurückzuführen. Nach dem deutschen Witterungsbericht ("Das Wetter" Jg. 1934 und 35) tritt diese Erscheinung besonders im kontinentaleren Osten Deutschlands stark hervor. Tab. e und Schaubild a_9 zeigen das Ergebnis der Sonnenscheinmessungen der Station Flinsberg für die beiden Beobachtungsjahre. Für den zeitigen Frühlingseinzug und den frühen, steilen Temperaturanstieg im April liegt der Grund in der beinahe doppelt so hohen Sonnenscheindauer (198 %) gegenüber 1933. Die Abweichung von dem vieljährigen Monatsmittel der Lufttemperatur beträgt 1934 im April $4{,}0^{\circ}$. In dem relativ kalten Mai 1934 wird der Sonnenscheindauerwert von 1933 nur um 7 Stunden überschritten. Bei dem Vergleich der Wärmebänder war schon der kühle August aufgefallen, er besaß nur 82 % der Sonnenscheindauer des Jahres 1933. Darum fehlte 1934 die sengende Hitze ande-

rer heißer Jahre (1911). Für die Zeit April bis September hatte 1934 130 %, das ganze Jahr 111 % der Sonnenscheindauer von 1935. Der September 1934 mit 124 % der Sonnenscheindauer von 1933 war seit mehr als 200 Jahren der wärmste September (Naegler 1934).

Die Bodentemperaturen

Leider ist keine der Meßstationen des Reichswetterdienstes im Isergebirge mit Bodenthermometern ausgestattet. In Ermanglung meteorologisch einwandfreier Meßgeräte habe ich bei meinen Meßgängen an der Iser, an der Kreuzung, an der Hütte und am Flinsberger Hang mit einem einsenkbaren, bleistiftförmigen Thermometer gemessen. Das nach den Angaben von Herrn Prof. Markgraf hergestellte Bodenthermometer wurde mir vom Botanischen Museum zur Verfügung gestellt, wofür ich Herrn Professor Markgraf bestens danke.

An den Meßstellen waren vier mit Holzpflöcken verschlossene Bohrlöcher von 25, 50, 75 und 100 cm Tiefe angelegt worden. Gleichzeitig wurde unter ein- und demselben gut ausgebildeten Siedlungsflecken einzelner Assoziationskomponenten in 3 cm Tiefe morgens bei frostfreiem Boden die Temperatur festgestellt. Sämtliche Meßstellen besaßen normale Bodenausformung (Hitschold 1933). Die Messung der Humustemperaturen wird gesondert besprochen. Die Monatsmitteltemperaturen des Bodens sind in der Tab. f_1 bis f_2 und in den Schaubildern c_1 bis c_4 dargestellt worden. Dabei entspricht die Linie für 3 cm Tiefe den Messungen unter ein- und demselben Nadelstreuflecken. Das Meßverfahren ist recht primitiv und kann nur Vergleichswerte liefern. Bei der Auf- und Abbewegung des Thermometers findet ein geringer Luftaustausch statt, daher sind die Werte nicht ganz einwandfrei, sie zeigen aber im relativen Vergleich viel Interessantes (Burger 1932).

An vieljährigen sorgfältig durchgeführten Meßreihen sind u. a. durch B. Schulze u. H. Mehring 1908, G. Angelis d'Ossat 1924, J. Schubert 1930 und A. Angström 1936 auf überaus verschiedenen Böden und in verschiedener Tiefe stets dieselben Beobachtungen gemacht worden. Da auch die von mir dargestellten Bodentemperaturmessungen die Ergebnisse der anderen Autoren bestätigen, beschränke ich mich auf eine kurze Zusammenfassung der bereits bekannten Tatsachen: Je tiefer der Meßort im Boden liegt, desto träger folgt die Bodenwärme den täglichen und jahreszeitlichen Schwankungen der Luftwärme. Flache Erdschichten folgen der Luftwärme etwa mit Tagesabstand, in größeren Tiefen beträgt die Verzögerung einen Monat. Mit wachsender Tiefe wird die Jahreskurve der Bodenwärme flacher. Die Differenz der Jahresextreme wird geringer, die Maxima fallen und die Minima steigen. Das gilt für alle Stationen. Die Unterschiede sind ihrem Absolutwert nach im Verhältnis zum Freiland sehr klein. (Burger 1932.) Der Temperaturdurchschnitt steigt mit zunehmender Erdtiefe z.B. in Landeck und am kaum podsolierten Profil der Kreuzung. Dagegen zeigen sämtliche Podsolprofile in 50 cm Tiefe ein geringeres Jahresmittel als in 25 cm Tiefe; in 70 und 100 cm Tiefe steigen die Bodenwärmemittel wieder an. Da die Schicht bei 50 cm bei sämtlichen Profilen unterhalb des Illuvialhorizontes liegt, dürfte in der erhöhten Wasserführung und in der Dichte und Feinkörnigkeit (siehe Bodenwasser, Körnung) der Grund dafür zu suchen sein, daß der athmosphärische Wärmeeinfluß durch den Eluvial- und Illuvial-

horizont mehr zurückgehalten wird, als durch eine Bodenschicht von 50 cm Stärke (Forsthaus). Die Schutzwirkung des Kronendachs und der Streudecke entsprechen im Sommer nach Burger 1932 dem Einfluß einer 1 m dicken Erdschicht. Die Störung des absteigenden Wärmegefälles durch die Auswaschschichten muß erst noch durch am Ort verbleibende Bodenthermometer nachgeprüft werden. An der Hütte zeigt mit zunehmender Tiefe ein stetes Abnehmen der Jahresmittel. Der Grund dafür liegt in dem Aufbau des örtlichen Profils: Blockhalde, deren Fugen durch Verwitterungsgrus und organische Substanz gefüllt sind. (Die Grabestelle liegt 50 m entfernt von der Temperaturmeßstelle.) Bei mehrjährigen Meßreihen weichen die Kurvenbilder der einzelnen Jahre nur unbedeutend voneinander ab (d'Ossat 1924).

Durch den periodischen An- und Abstieg der Lufttemperatur und durch die ungleiche Trägheit der Wärmeaufnahme und Wärmespeicherung durch den Boden sind deutlich zwei einander reziproke Perioden des Wärmestromes zu unterscheiden. Bei Temperaturanstieg vom April oder Mai bis zum August oder September ist das Wärmegefälle abwärts gerichtet. Im Winter besteht ein Gefälle in entgegengesetzter Richtung, das besonders im Wald unter einer Schneedecke dazu beiträgt, die Frosttiefe herabzusetzen. Zwischen diesen beiden typischen Perioden liegen je nach Bestand (Angström 1936) und Exposition verschiedenlange Übergangszeiten. Die Schaubilder bringen diese Verhältnisse klar zum Ausdruck durch die Inversion der Kurvenfolge.

Für den Waldboden hat Schubert 1930 gezeigt, daß im Gegensatz zum Freiland der Boden im Jahresdurchschnitt wenig oder gar nicht wärmer ist als die Luft. Leider ist nach F. Hajosy 1932 die Bestimmung des Tagesmittels der Temperatur aus den Extremen durch die Einwirkung der Strahlung auf die Thermometer unmöglich. Für die Anwendung der Reichelschen Formel (Reichel 1932) fehlten mir die Abendmessungen. Für Juli bis September wirkt ein Waldbestand in 0,6 bis 1,2 m Tiefe so stark abkühlend wie eine Verschiebung um 3,3 Breitengrade nach Norden. Die Jahresmittel der Gebirgswaldböden liegen daher sehr tief.

Angström 1936 weist darauf hin, daß stark durchforstete Bestände durch Einstrahlung im Sommer bis zu 3° wärmer sind als die dichteren Bestände. Die größere Durchforstung wirkt hinsichtlich des Bodenfrostes derart, daß solche Bestände bis 6 Wochen früher frostfrei werden als die dichten Bestände. Dagegen möchte ich hervorheben, daß in den verschiedenen Hanglagen die Bodenwärme je nach Neigung und Exposition sich unterscheidet. Die Schaubilder sind wieder auf durchscheinendes Millimeterpapier gezeichnet und lassen sich durch Deckung vergleichen.

Der Schnittpunkt der Temperaturkurven im Frühjahr liegt für die Meßstelle am Flinsberger Hang Ende Mai bei etwa $2,5^{\circ}$. An der Hütte liegt der gleiche Punkt Ende April um 1° tiefer. Der Schnittpunkt im Herbst liegt für den Flinsberger Hang Mitte September bei ungefähr 7° und für die Hütte Mitte bis Ende Oktober wiederum um 1° tiefer. Dabei beträgt die räumliche Entfernung der beiden Meßstellen knapp 200 m. Die Wärmekurve, die der Bodentemperatur in 3 cm Tiefe (Streu) entspricht, schneidet die übrigen Linien sowohl im Frühjahr als auch im Herbst fast 3 Wochen früher. Der Zeitabstand zwischen dem Schnittpunkt der Kurve für 100 cm Tiefe mit der 3 cm Kurve und der 75 cm Kurve, d.h. also die Zeit der Temperaturinversion ist an der Hütte im Frühjahr 1 Woche, im Herbst fast

7 Wochen. Die entsprechenden Werte für den Flinsberger Hang sind im Frühjahr 5 Wochen, im Herbst dagegen 1 Woche. Der S Hang wird also bis in die Tiefe von 100 cm im Frühjahr innerhalb von 1/5 der Zeit erwärmt, die der N Hang für den gleichen Vorgang braucht. Dabei muß auf das bereits beschriebene Profil an der Hütte hingewiesen werden, das die Gegensätze verschärft. In dem klaren, strahlungsreichen Gebirgsherbst vollzieht sich die Abkühlung am S Hang dem umgekehrten Frühjahrsverhältnis entsprechend langsamer als am Nordhang. Auf den gleichen Einfluß ist an der Hütte das Julimaximum der 3 cm Linie zurückzuführen, während die Kurve für den Flinsberger Hang sich fast völlig mit der 25 cm Kurve der Hütte deckt (Augustmaximum). Ähnlich läßt auch der Oktober den S Hang hervortreten. Die übrigen Kurven zeigen abgeschwächt das gleiche Verhältnis. Im Winter scheint auf der Nordseite der Boden wärmer zu sein als auf der Südseite. Der Grund dafür liegt in der von Anbeginn des Winters bis in den Mai sich hinziehenden ununterbrochenen Schneedecke der Nordseite, die Südseite wird dagegen im Winter häufiger schneefrei und zeigt deshalb stärkere Frosteinwirkung. Auf den Unterschied im Bodenprofil wurde bereits hingewiesen; dem Feinerdeprofil auf dem N Hang steht das Blockhaldenprofil auf der Südseite gegenüber.

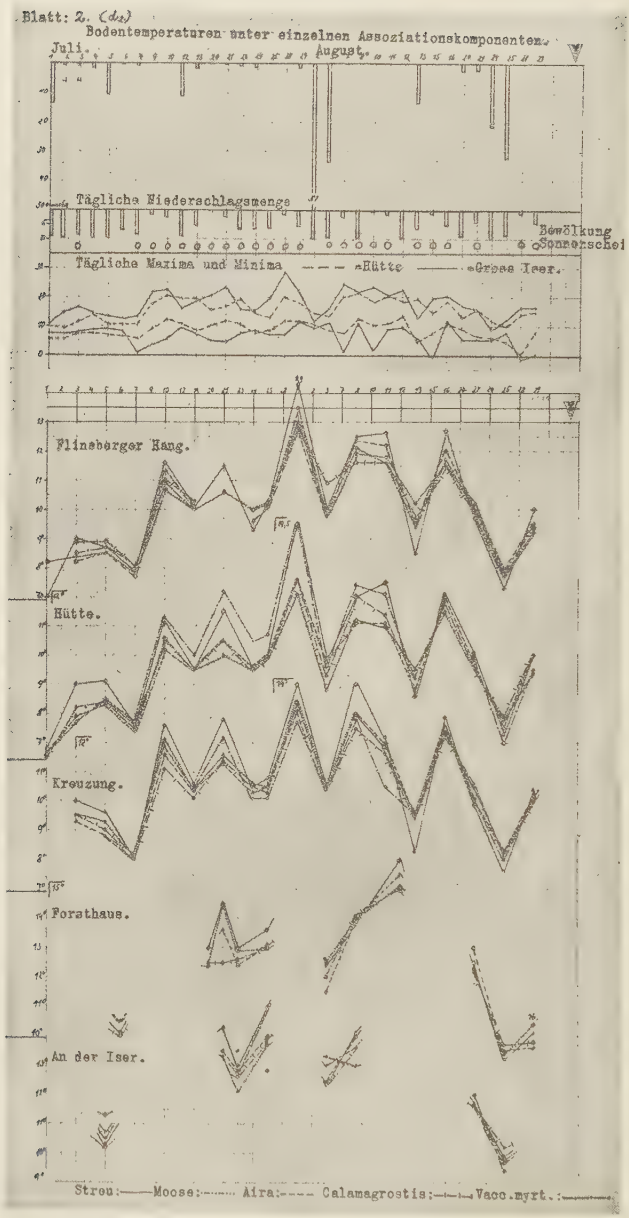
Die tiefer an dem flacher werdenden S Hang gelegene Meßstelle Kreuzung zeigt eine mittelschnelle Frühjahrsinversion, die der des N Hanges ähnelt, doch mit dem Unterschied, daß der Schnittpunkt der tieferen Bodentemperatur-Kurven fast um 1/2 Monat früher liegt als am N Hang Mitte Mai. Die Kurve für die 3 cm Tiefe steigt dagegen im Frühjahr etwas früher an und fällt im Herbst später ab als an der Hütte (Hangwärmewirkung). Die lange Inversionszeit von fast einem Monat ist bedingt durch die geringere Neigung und die höhere Stammdichte. Im Herbst ist die Inversionszeit nur wenig kürzer als an der Hütte; dagegen sind sämtliche Bodentiefen für die Zeit vom September bis November an der Kreuzung wärmer als an der Hütte (größerer Strahlungsschutz). Die Kurve für 3 cm Bodentiefe hat an der Kreuzung ein stumpfes Juli-August Maximum, da hier Hang und Bestand zusammenwirken. Im Juni und September ist sie dagegen stärker beeinflußt durch Kälterückfälle als die Kurve an den beiden Kammhangstationen. Die übrigen Kurven sind etwa zwischen denen der Hütte und denen des N Hanges einzuordnen. Leider ist das letzte Schaubild der Meßstelle an der Iser nicht vollständig. Die hier in den Boden eingelassenen engen Holzröhren (Sand-Kiesprofil) wurden wiederholt durch Wanderer entfernt und zerstört. Das durch die Wärme des Iserwassers beeinflußte Iserprofil läßt einen unmittelbaren Vergleich mit den Feinerdeprofilen nicht zu. Hinzuweisen ist aber auf die Beeinflussung der größten Bodentiefe durch die relativ warmen Moorabwässer im Winter und im Frühjahr. Ich habe im Winter häufig die Wärme des Iserwassers gemessen und nie Werte unter 1^{0} für die Flußbettsohle gefunden ("Gebirgsfreund" 1893). Ferner laufen die Temperaturen bei 75 und 100 cm fast parallel zu einander durch die Vegetationszeit (Grundwassereinfluß). Der Anstieg der Bodentemperaturen im Sommer, besonders im Mai und Juni, ist bedingt durch den Überschuß an Einstrahlung gegenüber der Bodenausstrahlung.

Die Einwirkung übernormaler Sonnenscheindauer (1934) auf die Höhe der Bodenwärme erkennt man aus der Gegenüberstellung der Bodentemperaturen von Landeck (460 m), welches nach Lage und Höhe etwa Flinsberg entspricht. Tab. e_2 zeigt die Verhältnisse für die zwei Beobaehtungsjahre. Den stärksten Einfluß übt 1934 natür-

lich der April aus (+ 3,6°). Die ungewöhnlich hohe Bodenwärme im Dezember hängt nicht vom Sonnenschein ab. Da nur die Monatsmittel der Morgenmessungen berücksichtigt wurden, liegt für das ganze Jahr der größte Wärmegewinn in 20 cm Tiefe (+ 1,5°). Berücksichtigt man die Mittagsmittel, so hat die geringste Bodentiefe (10 cm) den höchsten jährlichen Wärmegewinn: im Mittel + 1,7°. Das bedeutet für die Zersetzungsvorgänge im Humus eine beträchtliche Erniedrigung der Höhenlage.

Die Humustemperaturen

Bereits bei den zahlreichen über den Hohen Iserkamm gelegten Linien von Bodenbohrungen, die mir einen Überblick über die Verteilung der verschieden ausgeformten und verschieden mächtigen Profile gewähren sollten, war mir im Winter und Frühjahr 1933 die unterschiedliche Tiefe der Frosteinwirkung unter einzelnen Siedlungsflecken verschiedener Pflanzenarten aufgefallen. Daher begann ich, sobald der Boden endgültig schneefrei war, die Temperaturen der Humusschichten in 3 cm Tiefe unter Nadelstreu, Calamagrostis vill., Aira flex., Vaccinium myrt. und unter Dicranum scop., Polytrichum form. in Abständen einiger Tage je nach der Wetteränderung zu bestimmen. Leider sind an den Meßstellen nicht sämtliche Arten durch gleichgeeignete, gut entwickelte große Siedlungsflecken vertreten, daher habe ich die Moose nicht getrennt angeführt. Die Messungen wurden mit der ungeschützten Quecksilberkugel des trockenen Thermometers eines Schleuderpsychrometers durchgeführt. Dabei diente eine Spange dazu, die Thermometerenden in 3 cm Entfernung festzuhalten, so daß trotz des häufigen Umsteckens die gleiche Tiefe bemessen werden konnte. An der gleichen Meßstelle wurden stets dieselben Siedlungsflecken der betreffenden Pflanzen bemessen. Im Vorversuch hatte ich festgestellt, daß die einzelnen Flecken einer Pflanzenart in ihrem Verhalten zu den Wärmeschwankungen und zu verschieden starken und langen Regen abwichen. Es darf als wahrscheinlich angenommen werden, daß verschiedene Siedlungsflecken derselben Art gleichen Reaktionsgruppen angehören werden, so daß auch bei fortlaufenden längeren Meßreihen ein- und derselben Art Siedlungen sich gute Vergleichszahlen ergeben werden. Nach den Ergebnissen der Bodentemperaturmessungen folgt die Schwankung der Bodenwärme in geringer Tiefe sehr eng denen der Luftwärme; folglich ist die Meßzeit für die Beurteilung der erhaltenen Temperaturwerte entscheidend. Sonnenschein, Strahlungskälte und Niederschläge sind bestimmend für die Bodenwärme der obersten Humusschichten. Die Messungen können im Laufe des Tages nicht vorgenommen werden, da einerseits Sonnenflecken auf dem Waldboden schwer bestimmbar wandern und andererseits die Besonnung an verschiedenen Meßstellen ungleich durch Bewölkung und Nebelbildung abgewandelt wird. Die Messungen am Morgen möglichst vor Sonnenaufgang sind am günstigsten. Die Unterschiede sind dann allerdings wesentlich geringer (Wollny 1894) als gegen Mittag eines strahlungsreichen Sommertages, sie sind aber weit wertvoller, da sie die Einwirkung der Strahlungswärme des Vortages und die der Nachtkälte mit einbegriffen enthalten. Eine eingehende Untersuchung dieser Frage müßte jedem der genannten Faktoren besonders folgen. Außer den genannten Klimagroßwerten wirkt der verschiedene Belaubungszustand, der physikalische Humuszustand und die Bodenfeuchtigkeit verändernd auf das Verhalten der Humusschichten den Wärmeschwankungen gegenüber ein. Darum lassen sich die gemessenen Wärmewerte nicht zusammenfassen, sondern müssen an Einzelbeispielen aus den Jahreszeiten erörtert werden. Die Moose


Blatt: 2. (d₂)
Bodentemperaturen unter einzelnen Assoziationskomponenten.
Juli
August
Tägliche Niederschlagsmenge
Bewölkung
Sonnenschei
Tägliche Maxima und Minima
Hütte
Gross Iser.
Flinsberger Hang.
Hütte.
Kreuzung.
Forsthaus.
An der Iser.
Streu:
Moose:
Aira:
Calamagrostis:
Vacc.myrt.:

zeigen kaum ein jahreszeitlich unterschiedliches Verhalten in Übereinstimmung mit ihrem wenig veränderten Habitus. Um die einzelnen Hanglagen gegen einander abzuwerten, reicht das Beobachtungsmaterial nur für die allergröbsten Unterschiede aus. Da ich meist Mittel aus zwei bis vier Einzelmessungen eingetragen habe, waren die Messungen an 5 verschiedenen Standorten sehr zeitraubend, so daß die Untersuchungen dem Gesetz der großen Zahl durchaus nicht entsprechen. (Tab. g, Schaubild 2; $d_1 - 3$).

Die Frühling-, Sommer- und Herbstmessungen habe ich getrennt in Schaubildern dargestellt. Gleichzeitig sind die Wärmeextreme, Niederschlagsmengen, Bewölkung und Sonnenschein der Station Groß-Iser angegeben. Zur Ergänzung wurden auch die Maxima und Minima der Meßstelle Hütte mit eingezeichnet.

Die Wärmeschwankungen der obersten Bodenschicht folgen dicht auf die durch Sonnenstrahlung, Bewölkung und Niederschläge beeinflußten Schwankungen der Tageswärme. Die einzelnen Kurvenbilder zeigen das Verhältnis der Bodenwärme unter den einzelnen Artsiedlungen zu den Luftwärmeschwankungen.

Die Wärme der Streuschichten folgt in den Monaten Mai und Juni am steilen N Hang (Kurvenbüschel I) den Wärmeschwankungen mit nur geringer Wärmepufferung. Dagegen zeigen Dicranum scop. und Calamagrostis vil. deutlich abgeschwächte Extreme. Dicranum vermag im zeitigen Frühjahr mehr Wärme festzuhalten als das noch in der Blattentfaltung befindliche Calamagrostis. Bald folgt aber der trockenere Mooshumus den größeren Wärmeextremen besser als der feuchtere Calamagrostishumus, der zudem noch durch die steigende Beschattung der sich entfaltenden Blätter größere Pufferungskraft erhält. (Kurvenbüschel III.) Ähnlich liegen die Verhältnisse am steilen S Hang, der durch ein dichteres Baumkronendach vor größeren Wärmeschwankungen geschützt wird. Da die Spätfröste (31. 5; 7. 6; 8. 6.) und mittlere bis starke Regenfälle (10. bis 14. 6.) ungehinderten Zutritt zur Streudecke und zum seitlich wenig geschlossenen Grasbestand haben, ist im Juni Dicranumhumus zum Teil sogar wärmer als die beiden anderen Meßorte. Im Gegensatz dazu ist das auch seitlich dicht geschlossene Dicranumpolster ein idealer Abkühlungsschutz. Außerdem sind zur Messung brauchbare Moospolster an der stark vergrasten Hangmitte nur an Stubbenhügeln oder an den durch Streu verschütteten Wurzelscheiben zu finden, so daß auch aus diesem Grunde die Humustemperaturen für Moos an der Kreuzung denen der Streu ähnlich sind (Ramann 1911). Am 21. 6. wurde an einem schönen Tage, mittags bei klarem Wetter gemessen. Das Verhalten der drei Meßstellen am N Hang entspricht hier der starken Temperaturzunahme, der rasche Temperaturanstieg vom 22. 5. ergibt nach der Schwankungsgröße geordnet: Streu-, Clamagrostis-, Dicranumhumus. Die Abkühlung vom 24. 5. und 9. 6. zeigt am N Hang, daß die vorjährige Calamagrostisstreu am pufferungskräftigsten ist, während das Moos in der Mitte des Kurvenbüschels bleibt. Auf das Ganze gesehen verhalten sich am N Hang die Moos- und Grasdecke recht ähnlich.

Am steilen S Hang (Kurvenbüschel II) verhalten sich dagegen Streu und Calamagrostis ähnlich bei steilem Temperaturanstieg (22. 5; 2. 5; 21. 6.), während das mehr durch den Baumbestand geschützte Polytrichum sehr pufferungskräftig ist. Am Forsthaus und an der Iser (Kurvenbüschel IV und V) wurden nur wenige Vergleichsmessungen am Abend vorgenommen, daher ergeben sich abwei-

chende Verhältnisse. Der Grashumus ist am Abend wärmer als die bereits abgekühlte Streu nach voraufgegangenem Temperaturanstieg. Bei kräftiger Abkühlung bleibt Polytrichum und Aira wärmer als die Streuschicht. Die Kurvenbilder des ganzen Jahres könnte man mit denen der Bodenwärme vergleichen, wobei die Streuschicht der geringen Bodentiefe, die Moosschicht der größten Bodentiefe und der Grashumus den mittleren Tiefen entsprechen würde.

Im Juli und August liegen die Verhältnisse schon anders. Für den N Hang ist der Dicranumhumus deutlich am besten gegen die Wärmeschwankungen geschützt (häufiges Schneiden der übrigen Kurven). Auffällig ist das Verhalten des Airahumus, der im Frühjahr durch die vorhandene Winterfeuchtigkeit als nasser Humus nur schwer den Wärmeschwankungen folgt; dagegen zeigt er mit zunehmender Trockenheit bereits Ende Juli immer mehr ein der Streu ähnliches Verhalten. Im Herbst ist er zum Teil die wärmste Humusart. Dabei folgen diese Siedlungsflecken der Erwärmung besser und zeigen gleichzeitig gute Pufferung gegen starke Abkühlung. Auch ein kräftiger Regen vermag im August und September die Airakurve nicht immer in ihre Frühlingslage herunterzudrücken. Die Humusfeuchtigkeit wirkt temperaturbestimmend, da feuchter Humus ein anderes Wärmeabsorptionsvermögen und eine andere Wärmekapazität besitzt als trockener Humus (Geiger 1929). Zur gleichen Zeit beginnen auch die inzwischen voll ausgewachsenen Calamagrostisflecken immer kräftiger, starken Wärmeschwankungen gegenüber Widerstand zu leisten. Der Blaubeerhumus scheint weniger nach beiden Seiten geschützt zu sein, auch kommt hier dem Standort und der Vitalität der Siedlung ein besonderer Einfluß zu. Am flachen S Hang liegen die Verhältnisse ähnlich, nur daß alle Differenzen geringer sind und die Dicranumflekken sich wieder ähnlich den Streuflecken verhalten wie im Frühjahr. Am steilen S Hang, an der Hütte, überragt die Myrtilluskurve teilweise die Streukurve, da die Blaubeerstreu auf der feinerdearmen Blockhalde leicht stark austrocknet, während am gleichen Standort die Polytrichumsiedlungen, sofern sie nicht auf einzelnen großen Felsen wachsen, durchaus die Wärmepufferungsfähigkeit, d.h. hier die Bodenfeuchtigkeit, sich erhalten (Schatten). Bei anhaltender Dürre vertrocknen sämtliche Moossiedlungen, die auf Felsen stehen. Diese Trocknis tritt in tieferen Lagen häufiger ein, daher findet man dort auch nur auf gut beschatteten Felsen Polytrichumpolster, während meist Dicranumrasen die nackten Gesteine bedecken. Bei zunehmender Abkühlung bleibt die Erwärmung des Felsens durch die Sonnenstrahlen infolge der guten Isolationsschicht aus, daher sinkt bereits im August die Myrtilluskurve unter das übrige Kurvenbündel, eine Erscheinung, die im Herbst bei der gleichen Meßstelle nach erfolgter Entlaubung weit stärker hervortritt. Die beiden Grassiedlungen bilden die Mitte des Bündels, wobei bei Temperaturanstieg und Trocknis die Airasiedlung den Wärmeschwankungen ungehemmter folgt als der feuchtere Calamagrostishumus. Nach kräftigen Niederschlägen vermag anscheinend das niedrige, dichte Airablattgewirr dem hohen und lockeren Halmbestand der Calamagrostissiedlung gegenüber der Temperaturzunahme länger zu widerstehen. Daß hier am steilen S Hang die Differenzen zwischen der wärmsten und kühlsten Bodendecke größer sind als am N Hang und an der flachen Hangmitte, wird durch die Kurven gezeigt. Im Mai besaß der N Hang die größten Extreme, was nach der Arbeit von Künkele und Geiger 1925 verständlich zu sein scheint. Die Messungen am Forsthaus und an der Iser sind je nach der Meßzeit verschieden gelagert, im übrigen bieten sie nichts Neues.

Im Herbst sind die voll entwickelten Pflanzensiedlungen beträchtlich wärmer als die Streuflecken. Sogar bei kräftigem Temperaturanstieg verliert die Streu wahrscheinlich schon am Abend den durch Sonnenstrahlung empfangenen Wärmevorsprung, so daß sie am Morgen häufig kühler ist. Kälte, Regen und der nachhaltig abkühlende Neuschnee drücken die Temperaturen der Streuschichten erheblich unter die der Pflanzensiedlungen herab. Die durch Forstinsekten entlaubten Myrtillusflecken an der Hütte auf Felsen bleiben sogar bedeutend kühler als die Streuflecken auf der feinerdearmen Blockhalde. Meistens behalten in den Kammlagen ungefähr 10 % der Blaubeerpflanzen einen großen Teil funktionstüchtiger Blätter unter dem Schnee bis zur Neubelaubung. Calamagrostis, Aira und Moosflecken sind im Herbst an allen Meßstellen morgens wärmer als die Streuflecken und die be- und entlaubten Blaubeersiedlungen.

Auf das Ganze gesehen erinnern die Kurvenbilder der Temperaturen der einzelnen Humusschichten sehr an die Verhältnisse der Bodenwärmekurven. Nur Myrtillushumus zeigt ein uneinheitliches Verhalten. Der Wert solcher Vergleichsmessungen kann erst durch physiko-chemische Humusuntersuchungen nachgewiesen werden. Nach Morosow 1928 üben die verschiedenen Humusarten durch ihre Abschwächung der Temperaturschwankungen einen großen Einfluß aus auf die Dynamik der Waldböden. Praktisch ist die verschiedene Frosttiefe und Frostform am gleichen Standort bedeutsam, die aber außer von der Bodendecke noch von der mechanischen Bodenzusammensetzung und von dem Feuchtigkeitsgehalt abhängen.

Zum Schluß möchte ich noch auf die Arbeit von P. Svoboda 1935 hinweisen, in der interessante Messungen der Bodentemperaturextreme in den Humusschichten unter verschiedenen Pflanzen mitgeteilt werden. Die Ergebnisse dieser Arbeit enthalten einen Teil der besprochenen Unterschiede.

Die Niederschläge

Von allen meteorologischen Elementen zeigen die monatlichen Niederschlagszahlen von Jahr zu Jahr die größten Schwankungen. So konnte z. B. Sywall 1932 für Reichenberg zeigen, daß im Juni und Oktober die Niederschlagsmengen das 6 bis 7 fache des minimalen Betrages erreichen können. Diese Niederschlagsdifferenzen sind in der warmen Jahreshälfte bedeutend größer als im Winter. Auch die Jahresmenge kann das Doppelte des Minimums übersteigen. Daher sind erst Mittel aus überaus langen Meßreihen ein wahrer Durchschnitt, von denen der für das Pflanzenleben entscheidende Jahresniederschlag beträchtlich abweicht (Partsch I, 1911; Sywall 1932). Auch der Jahrzehntdurchschnitt liegt für Reichenberg um 14 % höher als das berechnete Mittel. Soweit genügend lange und zuverlässige Meßreihen vorhanden sind, finden sich die berechneten Durchschnittswerte in der Klimaübersicht (Tab. 2). Für die noch jüngeren Meßstellen beschränke ich mich darauf, die Niederschläge der zwei Beobachtungsjahre anzugeben (Tab. 3).

Das Isergebirge und die Westhälfte des Riesengebirges bilden den regenreichsten Teil Schlesiens (Rüster 1921). Dafür ist nach Hellmann und von Elsner 1911 die van Bebbersche Zugstraße V b barometrischer Minima ausschlaggebend. Die Verteilung der Niederschläge ist nicht allein abhängig von der Höhenlage, sondern auch von der morphologischen Gestalt des Gebirges und von der Windrich-

tung. Bei W, SW und NW Winden fallen die meisten Niederschläge auf der Südseite. Hier ist die Zone der maximalen Niederschläge aber nicht auf die Kammhöhen beschränkt, sondern oft fallen auch im Bereich der Vorberge in mittlerer Höhe größte Regenmengen. So erhielt am 30. Juli 1897 Neuwiese mit einer Tagesmenge von 345 mm das Tagesmaximum von ganz Mitteleuropa, am gleichen Tage fielen in Klein-Iser 300 mm, an beiden Stellen als Landregen. Diese Niederschlagsform ist im Isergebirge auch für Sommerregen charakteristisch, sie bietet Gewähr für möglichst gleichmäßige Verteilung. Durch eigenartige Luftdruckverhältnisse können auf der Südseite Niederschläge von längerer Dauer und besonderer Ergiebigkeit fallen. Daher ist die von E. Straube 1845 für das Isergebirge gegebene Schilderung zur Zeit schlecht gepflegter Wege und geringer Waldentwässerung durchaus zutreffend: " ... ich aber watete über den Kamm auf der schlesischen Seite hinab den Kammhäusern zu ...", und an anderer Stelle: "Die Nässe des Bodens läßt nichts zu wünschen übrig."

In der Gegenüberstellung der monatlichen Niederschlagswerte ist die durch die Windrichtung bedingte (Mehring 1909) regenreichere Südseite durch Klein-Iser, Neuwiese, Hoffnungsthal und Reichenberg vertreten. Vergleicht man z.B. Neuwiese und Ludwigsbaude, Rabishau und Reichenberg oder Flinsberg und Gablonz, so ist die zugunsten der Südseite sprechende Niederschlagsdifferenz zu erkennen. Ob es sich dabei um eine ausgesprochene Luvseite handelt, kann aus den wenigen Werten nicht abgeleitet werden. Die von Geiger 1929 geforderten Vorbedingungen zur Ausbildung einer Luvseite sind gegeben: Abkühlung bei beschleunigter aufwärts gerichteter Luftbewegung über eine genügend große Vertikaldifferenz (Hellmann und von Elsner 1911, K. Sedelmeyer 1926), wobei der Sättigungspunkt überschritten wird.

Hinsichtlich der Niederschlagsmenge findet man auf der Kammzone 1100 bis 1350 mm (maximal 1600 mm, R. Wegener 1922), auf der Steilzone und am Hangfuß 900 bis 1100 mm (Firbas 1929), im Gebirgsvorland 500 bis 700 mm. Aus der Verteilung der Monatsmengen lassen sich klare Beziehungen nicht aufstellen, obgleich auch hier die 3 morphologisch-orographisch definierten Zonen sich durch verschiedene Niederschlagsmengen von einander abheben. Die größte Niederschlagsmenge erhielt 1933 der Juni, 1934 der Juni und der August. Das Niederschlagsminimum liegt am häufigsten im Dezember oder März, selten in der eigentlichen Vegetationszeit. Nach dem vieljährigen Mittel fällt das Maximum auf den Juli, das Minimum auf den Februar (R. Wegener 1922). Der Sommer hat die größte Regendichte. Die Messungen der Heufuderbaude weichen zum Teil ab, mindestens scheint hier die Aufstellung des Regenmessers einen erhöhten Einfluß auf die Niederschlagsmenge bei verschiedener Windrichtungauszuüben, der sich auch im Winter durch eingewehten Schnee bemerkbar macht. Die Meßstelle "Blausteine" (1123 m) wurde von mir für 1 Jahr vergleichsweise bedient. Der Regenmesser war oberhalb der Jagdhütte von Groß-Iser auf der Kammhöhe in einer kleinen Schonung mit Fichtenpflanzen von erst 60 cm Höhe aufgestellt. Die Entfernung von den benachbarten Altbeständen (8 bis 12 m Baumhöhe) betrug 25 m. Die ermittelten Niederschlagswerte sind höher als die der benachtarten Meßstellen. Diese Differenz ist auf den Einfluß der höheren Lage und den seitlichen Schutz des Altbestandes zurückzuführen, der ein ruhigeres und senkrechtes Einfallen der Niederschlagsmengen bedingt (H. Burger 1931, Morosow 1928).

Die Verteilung der Niederschläge im Jahr wurde für die Vegetationszeit (Mai bis Oktober) und für die Vegetationsruhezeit (November bis März) in Prozent der Gesamtjahresmenge umgerechnet. Diese Zweiteilung ist infolge des kurzen Gebirgsfrühlings und -herbstes ratsam. Sie wurde auch auf die Flachlandstationen angewendet. Bei sämtlichen Meßstellen entfallen auf die kältere Zeit 26 bis 36 %, im Mittel 31 %, auf die Vegetationszeit 74 bis 64%, im Mittel 69 % der Gesamtmenge. Auch hier bildet neben Hoffnungsthal mit 42,8 % die Heufuderbaude mit 46,3 % in der Vegetationsruhezeit eine auffällige Ausnahme, die zweifellos durch die Aufstellung des Regenmessers zu erklären ist. Ferner ist den Skiläufern im Riesengebirge bekannt, daß die von der Heufuderbaude angegebenen Schneehöhen zu hoch sind; die starke Verwehung mag eine gute Mittelbildung unmöglich machen.

Für das Isergebirge ist anzunehmen, daß es von einer kaum durchbrochenen Walddecke überzogen ist, weil es wegen seiner Lage zur Hauptwetterstraße sehr niederschlagsreich ist. Nach Biolley 1934 hebt die Waldlandschaft die Niederschlagshäufigkeit dadurch, daß der Bestandesluftkörper als eine besondere Zone aufzufassen ist, die sich bei dem Wasserkreislauf von der Erde zur Athmosphäre und zurück dazwischenschaltet. Die Niederschläge bestimmen aber nicht allein die Feuchtigkeitsverhältnisse des Standorts, sondern der Verwitterungsboden und der Einfluß der Vegetation auf das Bodengefüge wandeln neben den Reliefverhältnissen den Wasservorrat und seine Verteilung im Boden stark ab.

Der oberflächliche Wasserabfluß

Im Februar 1933 stieg durch Tauwetter und heftige Regengüsse (45 mm) der Wasserstand der Iser an der Meßstelle innerhalb von 24 Stunden um 1,30 m. Da der Boden zum Teil tief gefroren war, bewegte sich das Regen- und Tauwasser sogar oberhalb der Streuschicht. Die über große Flächen hin ausgebreiteten verschieden dicken Podsolschichten lassen auch sommerliche Regengüsse sehr schnell abfließen. Anfang August 1933 bei 50 und 70 mm Niederschlag hob sich der Iserwasserspiegel innerhalb von 24 Stunden um 1,40 m. Auch nach der langen Frühjahrsdürre 1934 stieg der Iserspiegel von seinem tiefsten Stand, den ich stets an derselben Stelle beobachtete (54 cm), bei einem Niederschlag von 78 und 112 mm innerhalb von 2 Tagen um 1,60 m. Diese Pegelangaben haben ohne Angabe des Bachquerschnittes und der Größe des Einzugsgebietes geringen Wert. Der Bachquerschnitt ist aber durch die verschieden breiten und tiefen Mäander innerhalb eines breiten Hochwasserbettes kaum abzuschätzen. Die absoluten Zahlen interessieren auch hier wenig. A. Rosenkranz 1929 gibt für die Iser die normale Abflußmenge mit 14 m^3/s, während der Hochwasserabfluß bis zu 650 m^3/s ansteigen kann. Bei Bodeneinschlägen während der Regenfälle im August 1934 und während der Schneeschmelze im Frühjahr 1934 (kein Bodenfrost) konnte ich beobachten, daß die Wassermenge nur zum kleinsten Teil über den Humus hin sich bewegt. Die in gleicher Zeit zugeflossene Wassermenge steigt im Humus mit der geringer werdenden Entfernung von der Podsolschicht, an deren Oberfläche sie den höchsten Betrag erreicht. Innerhalb der Podsolschicht nimmt der Wassergehalt sehr schnell ab, so daß im Iluvialhorizont nur noch sehr wenig und im Verwitterungsboden nichts mehr zu spüren ist (vgl. Durchflußbestimmung).

Bei kleinen und mittleren Regenmengen ist die Bewegung des Wasserstandes viel geringer; doch macht sich schon ein Niederschlag von 5 bis 10 mm je nach Art und Bodenfeuchtigkeit durch das Ansteigen des Wasserspiegels bemerkbar (Burger 1934). Bei 20 bis 25 mm Niederschlag erfolgt ein Anstieg um durchschnittlich 18 cm, bei 30 mm um 20 cm, bei 40 mm um 25 cm. Von der Fülle der Niederschläge bleibt dem Boden trotz der geringen Böschungswinkel in der Kammzone nur ein kleiner Teil. Dieser Teil genügt bei überaus geringer Verdunstung innerhalb der Fichtenbestände, niedriger Luftwärme und bei bestimmten physikalischen Eigenschaften der Rohhumusschicht, die Böden zu vernässen. Auch bei genügender Entwässerung der Forstbestände wird ein pflanzengefährliches Austrocknen der Humusschichten in der Kammzone nie eintreten. Bei der Hangzone entscheidet darüber der Charakter der Humusschicht (Fichtenreinbestand oder Mischwald), da der Rohhumus die Kapillarporen des Bodens verstopft.

Die Verdunstungsmessungen

Niederschlagsmessungen ohne Verdunstungsmessungen und ohne Bestimmung der Bodendurchlässigkeit können nur wenig über den Bodenwasserhaushalt aussagen. Denn nach von Kruedener 1927 "kann die ganze Frage der Feuchtigkeit auf die Formel des Verhältnisses zwischen der Einnahme von Feuchtigkeit aus der Luft und dem Bodengrund einerseits, und der Verausgabung durch Verdunstung, Transpiration und Abfluß in die Tiefe der Erde andererseits im Zusammenhang mit der für diese Vorgänge nötigen Zeitdauer zurückgeführt werden." (S. 20.) Mit Hilfe des Meyerschen N-S Quotienten können große Klimagebiete richtig charakterisiert werden, für kleine Gebirgskomplexe ist er aber nicht ausreichend zur Bestimmung der geringen Verdunstungsdifferenzen, zumal das Sättigungsdefizit zwar über die Verdunstungsmöglichkeit, nicht aber über die Verdunstungsenergie und Verdunstungsgröße Auskunft zu geben vermag. (Burger 1931.) Sein größter Nachteil beruht auf der Vernachlässigung der Luftbewegung.

Als Meßgerät konnte das Wildsche Evaporimeter nicht verwendet werden, denn es erfordert ausreichenden Schutz und wird dann weithin sichtbar. Außerdem bildet sich innerhalb des hohen Schutzrandes bei schwacher Luftbewegung eine dunstgesättigte Luftschicht, die feinere Unterschiede zum Verschwinden bringt (H. Burger 1933).

Das Atmometer kann dagegen überall frei aufgestellt werden, ohne die Aufmerksamkeit von Wanderern besonders auf sich zu ziehen. Es läßt sich auch wegen seiner Handlichkeit innerhalb der verschiedenen Lagen der transpirierenden Pflanzenteile anbringen. Die Meßgeräte können dem Regen und der Sonne ausgesetzt werden. Da sie sehr klein sind, stören sie nicht die Luftbewegung am Standort. Die ermittelten Verdunstungsmengen lassen sich aber nicht auf eine absolute Basis bringen, sondern sind nur relative Vergleichswerte. Die Messungen können leider nur in der frostfreien Zeit durchgeführt werden, da der erste Frost die porösen Tonzylinder zersprengt (Burger 1931 und 1933).

Um die Messungen mehrerer Atmometer streng vergleichbar zu machen, war bei der individuellen Verdunstungsabweichung des einzelnen Meßzylinders ein Korrektionsfaktor nötig, der aus dem Vergleich des betreffenden Meßzylinders mit dem des Normalzylinders errechnet wurde. Diese Eichung erfolgte vor der Aufstellung

und nach der Einholung eines jeden Atmometers. Der Zylinder des Normalgeräts wurde nach der Eichung gereinigt, getrocknet und sorgfältig aufbewahrt. Porzellanzylinder, die nach einiger Zeit durch Algenansatz oder Streuabfall verunreinigt waren, wurden durch vorsichtige Behandlung mit verd. Chromschwefelsäure wieder gebrauchsfähig gemacht. (Briefliche Mitteilung der Staatlichen Porzellanmanufaktur Berlin.)

Zur Eichung wurden sämtliche Geräte gleichzeitig mit dem Normalzylinder für 1 bis 2 Stunden möglichst gleichartigen Verdunstungsverhältnissen ausgesetzt. Die Befestigung auf einer mäßig schnell rotierenden Scheibe ergab keine wiederholbaren Messungen. Wurden dagegen alle Zylinder im Verband auf Lücke mit etwa 30 cm gegenseitigem Abstand in zwei Reihen auf einem mindestens 1,5 m hohen Tisch inmitten einer freien Wiesenfläche bei Sonnenschein und mittlerer Windgeschwindigkeit so aufgestellt, daß weder Sonnen- noch Windschatten die Verdunstung des einzelnen Zylinders beeinflussen konnten, so waren am Tage mittags bis 3 Messungen hintereinander möglich, die von einander nur eine durchschnittliche Abweichung von 0,3 g/Stunde hatten.

Verwendet wurden Atmometer der neueren Bauart mit der Livingstone'schen Hg-Falle, die gegenüber dem älteren Modell wesentlich stabiler gebaut werden können, und bei völlig ungeschützter Aufstellung gegen auffallende Zweige und leichte Berührung genügend Widerstand leisten. Da Burger 1933 S. 159 beide Modelle vorbildlich dargestellt hat und auch die Bedienung des neuen Modells eingehend beschreibt, kann ich mich darauf beschränken, anzugeben, inwiefern ich, von den äußerlichen Dingen abgesehen, anders verfahren bin, da zu Beginn dieser Untersuchungen die genannte Arbeit noch nicht erschienen war. Ich habe die Hg-Falle in das obere Ende des starren Steigrohres eingebaut. Nach dem Aufsetzen des gefüllten Porzellanzylinders wurde, sobald das Gerät wieder senkrecht gestellt werden konnte, durch leichtes Andrücken des Zylinders geprüft, ob auch ja kein Luftbläschen in dem Zylinder vorhanden war. Eine vorhandene Luftblase hindert an der Stelle, an der sie sich befindet, die durch die leichte Druckerhöhung austretenden Wassertröpfchen am Erscheinen, so daß ein kleiner nicht "schwitzender" Fleck erscheint. Auch kann man durch längeres Ventilieren des Zylinders die Saugkraft prüfen, die bei vorhandener Luftblase fehlt. Bezüglich der Konstruktion habe ich den Teil des Steigrohres, der bei Burger in den Zylinder hineinragt, mit dem Zylinderkorken abschneiden lassen, da bei dem schnellen Aufsetzen des wassergefüllten Tonzylinders bei überstehendem Steigrohr leicht kleine Luftbläschen mit eingeführt werden können. Zur Einbettung des Hg wurde Glaswolle verwendet. Endlich habe ich bei der Eichung beobachtet, daß die Hg-Menge nicht gleichgültig ist. Ist die Hg-Menge zu gering, ist das Glaswollepolster an der Oberfläche nicht eben genug, oder ist die Wand des Glasrohres nicht genügend sauber, so kann bei der Dichteprüfung bei künstlicher Beregnung Wasser eindringen. Etwas Wasser wird stets im Zylinder aufgenommen, doch treten sehr schnell stabile Verhältnisse ein, den neuen Druckverhältnissen entsprechend. Ist die Hg-Menge zu groß, so weicht die verdunstete Wassermenge im Verhältnis zum Normalzylinder zu stark ab. Die Messung der verdunsteten Wassermenge darf bei der geringen Verdunstung im Fichtenwalde nur gravimetrisch durchgeführt werden, wobei eine Chemikerhandwaage Messungen bis zu 0,1 g zuläßt und auch im Wald mittels eines Handbohrers an jedem Stamm aufgehängt werden kann.

"Die durch die Atmometer verdunsteten Wassermengen sind ein Ausdruck für die Humidität des Luftklimas eines Standorts, d.h. sie geben an, wie groß relativ der Anreiz des Standortsklimas zur Verdunstung aus dem Boden und zur Transpiration der Pflanze ist." Burger 1933, S. 174. Um den Einfluß bestimmter klimatischer Elemente auf die Verdunstungsmenge kennen zu lernen, wurde 1933 an der Meßstelle Groß-Iser das in der Thermometerhütte aufgestellte Atmometer täglich mittags gewogen. Im Schaubild e wurden die Tageswerte der mittleren Bewölkung, der Niederschlagsmenge, der relativen Feuchtigkeit, dem Temperaturmittel, der Schwankung der Windstärke und den Sonnenscheinbeobachtungen gegenübergestellt. Die täglichen Verdunstungswerte sind in g H_2O / Tag angegeben (Tab. h_1). Den maximalen Verdunstungsmengen stehen fast immer maximale Temperaturen gegenüber, die meist mit einem Sonnenscheinmaximum zusammentreffen, aber auch durch trockene, warme S Winde ohne besonderen Temperaturanstieg hervorgerufen werden können: z.B. 12. 10. (Lüdi 1925). Betrachtet man mit Burger 1931 die Temperatur als Funktion der Sonnenscheindauer, so besteht zwischen Sonnenschein und Verdunstung ein engeres Verhältnis als zwischen Temperatur und Verdunstung. Dennoch folgen die Verdunstungswerte keinem einzelnen meteorologischen Faktor völlig. Kräftige Niederschläge drücken die Verdunstung auf ein Minimum herab, und zwar liegt meist am Tage nach dem Hauptregenguß das Verdunstungsminimum. Steiler Temperatursturz oder tiefe Mitteltemperaturen sind ebenfalls mit niedrigen Verdunstungswerten verbunden. Vom 21. 9. bis 30. 9. konnte das Atmometer in der Hütte nicht verdunsten, da es infolge der tiefen Minima stets einfror. Die mittleren Verdunstungswerte und die kleinen Schwankungen lassen sich nur durch ein Faktorengemisch erklären, zu dessen Entwirrung lange Versuchsreihen nötig sind. Die mittlere tägliche Verdunstung in Groß-Iser erreichte

im August 4,4 g, 31 Meßtage,
im September 3,7 g, 20 Meßtage,
im Oktober 5,4 g, 14 Meßtage.

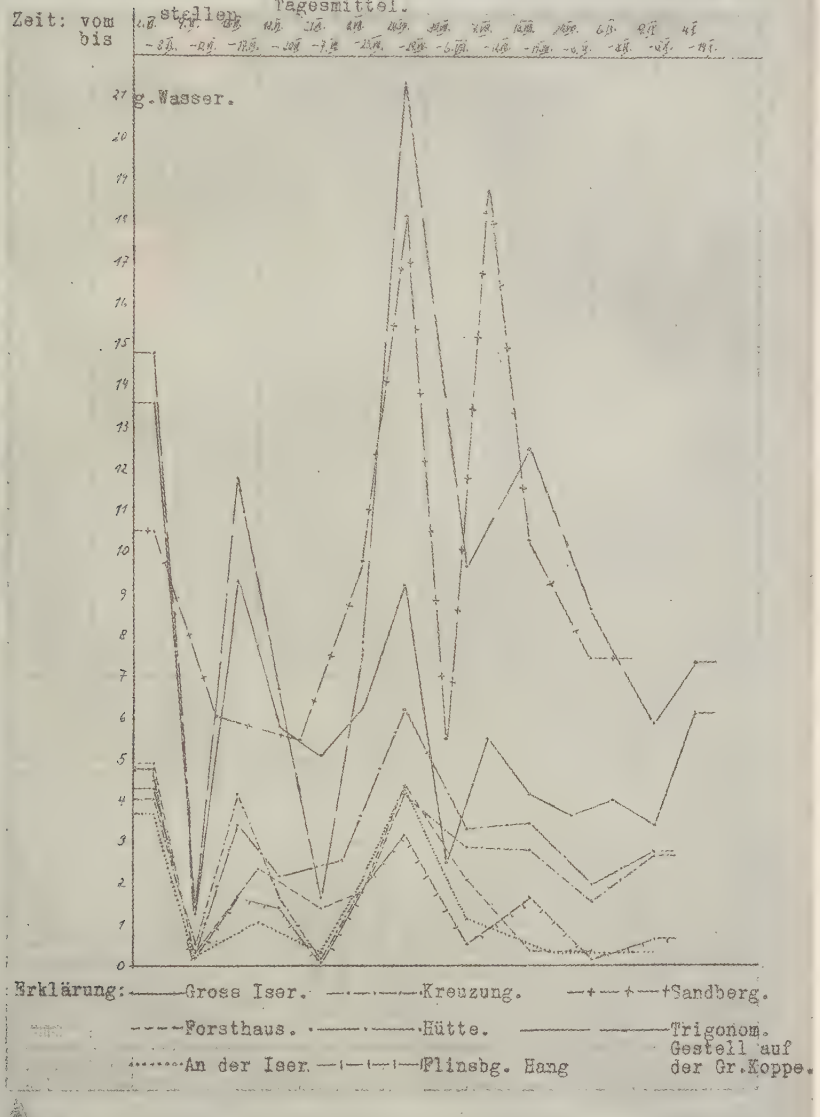
Dieser letzte Wert dürfte auf den ganzen Monat bezogen wesentlich kleiner ausfallen. Aber auch an den anderen Meßstellen steigen Anfang Oktober 1933 die ermittelten Verdunstungsmengen an, und W. Lüdi 1925 berichtet die gleiche Erscheinung aus dem Lauterbrunnental.

Gleichzeitig wurden an 7 anderen Meßstellen die Verdunstungsgrößen bestimmt: im Bestand an der Iser, am Forsthaus, an der Kreuzung, an der Hütte, am Flinsberger Hang, auf halber Höhe des S Hanges am Zackenkamm bei der Ludwigsbaude und endlich über dem Bestand auf dem 10 m hohen trigonometrischen Punkt der grünen Koppe. Die Atmometer waren inmitten der vorherrschenden Siedlungsflecken so aufgestellt, daß die Tonzylinder in der Mitte des Blattraumes der Bodenpflanzen sich befanden. In der Tab. h_4 sind die anfänglich bei jedem Witterungsumschlag bestimmten Verdunstungsmengen angegeben, sie wurden auf die Verdunstungsmessungen von Groß-Iser = 100 % bezogen und die tägliche Durchschnittsmenge errechnet. Später erfolgte die Messung in größeren Abständen. In den Schaubildern 3 und f_1 sind die Ergebnisse dargestellt. Da es wegen der laufenden Arbeiten teilweise nicht möglich war, sämtliche Atmometer am gleichen Tage zu bedienen, sind einzelne Messungen Summen über zwei Zeitabschnitte, so daß die dann eingetragenen Mengen ein Mittel über 2 Perioden darstellen.

Blatt: 3. Verdunstungsmessungen (Atmometer) an verschiedenen Mess-stellen.

Tagesmittel.

Zeit: vom ... bis ...



Erklärung: ——— Gross Iser. —·—·— Kreuzung. —+—+— Sandberg.

– – – – Forsthaus. ·——·——· Hütte. ——— ——— Trigonom. Gestell auf der Gr.Koppe.

·····An der Iser. —|—|—|— Flinsbg. Hang

Wenn gerade ein Mittel über 2 Perioden mit entgegengesetztem Witterungscharakter eingetragen ist, wie z.B. für die Ludwigsbaude vom 9.6. bis 17.6., so braucht man nur das Mittel zu bilden für die gleiche Zeit der entsprechenden Station mit 2 Periodenwerten: z.B. Grüne Koppe, um vor falschen Schlüssen bewahrt zu bleiben. Dieser Wert beträgt für die Leopoldsbaude 6,08, für die Grüne Koppe 6,52. Daher ist anzunehmen, daß die Kurve für die Leopoldsbaude, wie es auch im weiteren Verlauf geschieht, der der grünen Koppe in geringem Abstande folgt.

Das Bild der Tagesmittel zeigt deutlich ein gleichzeitiges, gleichsinniges Auf und Ab sämtlicher Kurven. Ende Mai bis Anfang Juni und Ende Juli bis Anfang August liegen 2 Maxima der Verdunstung für das Jahr 1933. (Sonnenschein.) Ferner erkennt man den Einfluß der Exposition auf den Anreiz zur Verdunstung. Nach der Freilandstation Groß-Iser und den Verdunstungswerten über dem Fichtenbestande auf dem Hohen Iserkamme erreichen die Atmometer der Bestände auf den S Hängen (Hütte und Kreuzung) hohe Tagesbeträge, der Atmometer im Fichten-Buchenmischwald an der Leopoldsbaude (Sonne und Luftwärme) erreicht fast die Tagesmengen der Grünen Koppe (Sonne und Wind). Die geringsten Tageswerte haben die Atmometer an der Iser (Nebel und Luftruhe) und am Flinsberger Hang (Schatten und geringe Luftwärme). Der Atmometer in der Nähe des Forsthauses Groß-Iser bleibt zwischen den letzten 2 Gruppen (SO Exposition). Diese Ergebnisse entsprechen den vorher dargelegten Wärmeunterschieden. Auffällig ist ferner die verschiedene Schwankungsbreite der durchschnittlichen Tagesmenge bei einem Wetterumschlag. Auch hier zeigen die Freiland und S Hangstationen die größten Gegensätze. Die Tagesmittel der gesamten Meßzeit der einzelnen Stationen zeigen ähnlich den Prozentzahlen derselben Meßstellen, bezogen auf Groß-Iser, das gleiche Verhältnis untereinander.

Im Jahre 1934 wurden von Mai bis September in den beiden Meßhütten der Stationen Groß-Iser und Flinsberg je ein Atmometer aufgestellt (Tab. h_2). Die Verdunstung in Flinsberg übertrifft die Menge von Iser nur im Mai, Juni und August. Für die ersten 2 Monate hat Flinsberg bis Mitte Juni den höheren Verdunstungsanreiz (Wärmebänder). Auch in dem windarmen August ist die Verdunstung hier höher. In der übrigen Zeit sind die Werte von Groß-Iser größer durch die stärkere Bewindung des Gebirges. Für die ganze Zeit vom 19. 5. bis 16. 9. verdunsteten in Flinsberg 101,5 % der Menge von Groß-Iser. Die Differenz würde zugunsten Flinsbergs größer sein, wenn die Thermometerhütte in Flinsberg ähnlich so frei stünde wie sie 1934 in Groß-Iser stand.

Die bisherigen Meßstellen lagen nur an beiden Flanken des Hohen Iserkammes. Vergeblich habe ich versucht, im Laufe des Sommers 1934 während einer Zeitspanne gleichen Witterungscharakters bis nach Rabishau hin Atmometer in ungefähr gleichaltrigen Waldbeständen aufzustellen. Eine solche Periode ergab sich erst vom 13. 9. abends bis zum 16. 9. abends 1934. Das Ergebnis zeigt die Tab. h_3 und das Schaubild f_3. Die verdunsteten Mengen wurden wieder auf Groß-Iser bezogen. Aus den Werten ergibt sich, daß auch hier in dem Fichtenaltbestand auf der südlichen Hangmitte höhere Verdunstungswerte erreicht werden als auf dem Kemnitzkamm (Südrand). Auf der nördlichen Hangmitte ist die verdunstete Wassermenge noch geringer, wahrscheinlich aber wesentlich höher als am Flinsberger Hand (Kamm, Nordrand). Die Differenzen zwischen der nördlichen Hangmitte des Hohen Iserkammes und der nördlichen

Hangmitte des Kemnitzkammes sind durch die geringere Höhe und den dichteren Bestand am Kemnitzkamm zu erklären. Eine weit größere Bedeutung für die Verdunstung kommt aber der größeren Stammdichte in Rabishau zu, da trotz der beträchtlich höheren Luftwärme nur wenig mehr als die Hälfte der Menge von Groß-Iser verdunstet wird.

Während die horizontale Verteilung der Höhe des Verdunstungsanreizes mehr für die Bodenvegetation wichtig ist, beeinflussen die Bäume durch ihre Kronenform die Verdunstung in vertikaler Richtung. Von den verschiedenen Versuchen, zu verläßlichen Werten zu gelangen, sind leider nur je 2 Perioden auf dem Kamm und an der Iser gelungen. Die anderen Versuche wurden teils durch den Sturm, teils durch Wissensdurstige gestört.

Die Atmometer waren an einer Leine befestigt, die über 2 Rollen lief, wodurch sie leicht in die gewünschte Höhe befördert werden konnten. Beide Bäume waren 12 m hoch, sie besaßen aber eine verschiedene Kronenform. Die Fichtenkrone im parkartig aufgelösten Iseruferwald reichte fast bis an den Boden. Die Fichte auf dem Hohen Iserkamm hatte erst in 4 m Abstand vom Boden die untersten Äste. Die ermittelten Verdunstungswerte (Tab. h_5, Schaubild f_2) wurden auf den Atmometer in 12 m Höhe = 100 % bezogen. Von der Kronenspitze (Zone maximaler Energieumsätze, Geiger 1925) zur Kronenbasis nimmt die Verdunstung ab entsprechend der zunehmenden Windruhe. Unterhalb der Krone ist der Anreiz zur Verdunstung größer als im unteren Kronenraum. Zum Erdboden hin werden die Verdunstungswerte wieder kleiner. Erreicht nun die Baumkrone fast den Erdboden (Iseruferwald), so fehlt natürlich der Wiederanstieg der Verdunstungsgröße an der Kronenbasis. Diese Erscheinungen sind bei beiden Versuchen zu erkennen. Die zweite Untersuchungsperiode umfaßt an beiden Meßstellen nahezu die gleiche Zeitspanne und zeigt den Unterschied der beiden Standorte. (Tal, Windstille im Bestand; Hang, leichte Luftbewegung im aufgelockerten Bestand.) Geiger 1925 fand in einem dichten Baumbestand eine ununterbrochene Abnahme der Verdunstungsgröße bis herab zur Bodenoberfläche.

Die phänologischen Beobachtungen

Ehe ich die Ergebnisse meiner Untersuchungen über das Klima des Isergebirges zusammenfasse, möchte ich zum Schluß die phänologischen Beobachtungen anführen. Die Pflanzen vermögen durch ihr Dasein oder Fehlen und durch ihr verschieden frühes Sprießen und Blühen den gesamten Faktorenkomplex "Klima" viel besser anzuzeigen, als sorgfältige Messungen mit guten Geräten an so verschwindend wenigen Kleinklimabereichen. Das Klima ist abhängig von der geographischen Lage, der Höhenlage, der Bodengestalt, der Bodenart, der Exposition, dem Neigungsgrad, dem Wasserreichtum usw. Der vollkommenste Ausdruck für die Gesamtwirkung dieser Faktoren sind die Erscheinungen in der Pflanzenwelt als des empfindlichsten und vielseitigsten Meßinstruments. De Candolle 1855 sagt, die Pflanzen seien die empfindlichsten Thermometer, aber jede Art habe ihren eigenen Nullpunkt. Ferner erfolgt die pflanzliche Reaktion auf die Wärmeschwankung erst als Ergebnis einer längeren klimatischen Beeinflussung, sie birgt aber auch induviduelle und bei perennierenden Pflanzen auch über 1 Jahr hinaus wirksame Faktoren in sich. Darum sind die phänologischen Beobachtungen auch ein Ausdruck für noch unbekannte Faktoren (Rasse).

Da nach Hoffmann 1885 die Frühlingsblüten im Mittelgebirge verspätet, die Sommerblüten fast gleichzeitig mit dem Flachland auftreten; da nach Wimmenauer 1897 nur die Zeit des Vor- bis Vollfrühlings für den Wald bedeutungsvoll ist, wurden die Beobachtungen im Frühjahr 1933 mit Hilfe einiger Forstbeamte längs der Linie Rabisnau-Reichenberg durchgeführt. Für wertvolle Hilfe habe ich besonders folgenden Herren zu danken: Herren Revierförster Dyballa, Kittelmann, Linke und den Hilfsförstern Friebel und Kassner.

Um die Auswertung des beobachteten Materials einheitlich durchführen zu können, hatte ich den Sammlern Tüten übergeben mit der Bitte, diese mit wenigen Probenzweigen der verschiedenen Bodenpflanzen ein- und desselben Standorts zu füllen, zu trocknen und mit genauer Ortsangabe zu versehen. Leider hat der größere Teil der Revierbeamten wegen Arbeitsüberlastung die Bitte nicht erfüllen können. Daher konnte nur ein sehr kleiner Teil des Gesamtgebietes beobachtet werden. Die Beobachtung des tschechischen Gebiets und die Bearbeitung der "Pflanzentüten" habe ich allein besorgt. Durch dieses Verfahren fallen eine ganze Reihe von Fehlermöglichkeiten fort: ungenaue Standortangabe, individuelle Auffassungsdifferenzen und verschiedene Bewertung. Eine andere methodische Frage ist, ob eingehende Beobachtungen in nur einem Jahr überhaupt zweckmäßig sind. Für haubare Fichtenreinbestände ist bei den jährlichen starken Eingriffen in das Bestandesgleichgewicht sogar die Notwendigkeit gegeben, nur Jahreswerte auszuwerten. Mit Hilfe der phänologischen Übersichtskarte für das Jahr 1933 wird die Klimaabstufung an weit mehr Stellen des Gesamtgebiets provisorisch aufgezeigt.

Die bisher veröffentlichten phänologischen Beobachtungen reichen nur bis an den Fuß des Isergebirges. Für die Steil- und Kammzone fehlen noch Beobachtungen. Der Erfolg, den E. Fiek 1884 durch seinen Aufruf zur phänologischen Beobachtung im Riesengebirge gehabt hat, ist mir unbekannt geblieben. Aus der Fülle der Erscheinungen an den Pflanzen wurden nur diejenigen ausgewählt, die einen Vergleich über möglichst viele Beobachtungsstellen zulassen. Die Heranziehung verschiedener Pflanzen hat den Vorzug, mittels Kompensationen mehrerer ziemlich gleichzeitig eintretender Phasen eine weit größere Menge von Beobachtungen verwendbar zu machen (Hoffmann 1885). Diese ausgewählten Daten sind in der Tab. i zusammengestellt.

Da das Gesamtgebiet nicht täglich begangen werden konnte und besonders im Bestandesinnern für eine bestimmte Entwicklungsphase einer Pflanze besser eine Zeitspanne (Cohn 1852) als ein bestimmter Tag angegeben wird, so entsprechen die aufgeführten Werte dem Mitteltag, an dem die Phase am frühesten (Cohn 1851, Wimmenauer 1897) festzustellen war. Für verschiedene Phasen verschiedener Pflanzen erhält man auch verschiedene Zeitentfernungen von der Nullzone. Der phänologische Wert der Beobachtungsergebnisse an verschiedenen Vertretern der Waldbodenvegetation ist noch unbekannt. Die beobachteten Pflanzen sind in der Tab. i aufgezählt. Zwei einander folgende Entwicklungsphasen derselben Pflanzenart zeigen je nach Exposition, Bestandesdichte und Orographie des Standortes an 2 verschiedenen Stellen verschiedene Zeitlängen an. Die Unterschiede nehmen ab mit der zunehmenden Luftwärmemenge (Cohn 1851). Nach Hoffmann 1885 sind nur sehr wenige Pflanzen wirklich geeignet, um zu exakten Werten zu gelangen. Da endlich dieselben Pflanzen im artenarmen

Fichtenforst nicht überall verbreitet sind, mußte ich Mittelwerte bilden aus der Beobachtung verschiedener Entwicklungsphasen an verschiedenen Pflanzen für ein- und denselben Standort. Diese Mittelwerte sind nur zum Teil arithmetische Mittel, häufig aber zugunsten je nach Standort bestimmter Pflanzen verschobene Mittel. Dabei ist aus der Tabelle zu ersehen, daß häufig der Abstand derselben Phase einer Pflanzenart an verschiedenen Standorten dem als Mittel angegebenen Zeitabstand gleich ist.

Auf Grund der Tab. 1 wurden die Zonen gleicher Vegetationsentwicklung in die phänolotische Übersichtskarte für 1933 S. 8 eingezeichnet. In der Karte findet man die Abstände der betreffenden Beobachtungsstellen in Tagen von der Nullzone (Kunzendorf, Hemmrich: 3. 5. 1933) an der Stelle eingetragen, für deren nächste Umgebung sie gelten. Die Zonen gleicher Zeitabstände, Isophanen, sind auf Grund guter Ortskenntnis nach orographischen, edaphischen und klimatischen Gesichtspunkten durchgezeichnet worden, soweit es möglich war. Diese groben Zonengrenzen sind selbstverständlich nur Vermutungen und bedürfen der Bestätigung und Verbesserung. Es wurden hauptsächlich Altholzbestände auf möglichst typischen Durchschnittsstellen beobachtet. Bei dem großen Reichtum an Expositionen jedes einzelnen Hanges würde die vollständige Bearbeitung nur eines bestimmten Kammes befriedigender sein als der leider mehr oberflächliche Überblick über das Gesamtgebiet.

Beachtet man bei der Auswertung, welche Pflanzen und Phasen die Extreme bilden, so fällt auf, daß durch die Blattentfaltung bei Sorbus aucup. und Vaccinium myrt. am häufigsten der längste Zeitabstand angezeigt wird. Viel seltener stehen Werte für Salix und Rubus an dieser Stelle (extrem bei Sorbus aucup. für Flinsberger Hang - Kunzendorf für die Blattentfaltung 38 Tage, für die volle Blüte 42 Tage Zeitabstand. Cohn 1851 gibt für Schiedlwitz - Schneeberg für die Blüte einen Zeitabstand von 42 Tagen an.) Die kleinsten Zeitentfernungen werden von allen Pflanzen angezeigt, durch Vaccinium myrt. aber nie.

Durch den Kälteeinfall Mitte Mai 1934 wurde in den höheren Lagen die schon unverhältnismäßig weit entwickelte Pflanzenwelt um den ganzen Vorsprung aufgehalten (Cohn 1852, Lachmann 1855), so daß sich hier größere Abstände ergaben, sobald die beobachtete Entwicklungsphase nach dem Frost in Erscheinung trat, während sie in den tiefen Lagen bereits vor dem Frost zu beobachten war.

Es wurde nämlich das mittlere Maximum der ersten Maidekade 1934 in Görlitz, Flinsberg, Reichenberg erst Mitte Juni, an der Hasenbaude Ende Juni und in Neuwiese, Klein-Iser und Groß-Iser sogar erst Mitte Juli wieder erreicht.

Daher ist die phänologische Übersichtskarte auf die Ergebnisse von 1933 aufgebaut. An einigen Beobachtungsorten wurde dieselbe Phase einer Pflanze in beiden Jahren notiert. Der ermittelte Abstand wächst zwischen den beiden Jahren für die Zeit bis zum Kälteeinbruch mit zunehmender Höhe und bei N Expositionen. Als Gegensätze sind erwähnenswert: Blattausbruch der Buche am Südhang des Ottilienberges bei Hirschberg 1933 am 9. 5., 1934 am 24. 4., Differenz 15 Tage. Die Belaubung der Eberesche am Flinsberger Hang 1933 am 16. 6., 1934 am 12. 5. Differenz 35 Tage. Die Differenzen im Freiland sind geringer: Das Ergrünen der Wiese am Forsthaus Groß-Iser 1933 am 7.5., 1934 am 18.4. Differenz 19 Tage. Die Heuernte in Iser beginnt 1933 am 7.7., 1934 am 18.6. Differenz 19 Tage.

Das Höhenverhältnis der beobachteten Pflanzen zum Bestand ist für ihr Ergrünen wichtig. Zwei- bis dreijährige Ebereschen ergrünen früher als die erwachsenen Bäume. Buchen, die den Bestand überragen, sind kurz vor dem Entfalten ihrer Blätter, wenn die Bestandesbäume eben damit fertig sind. Alleinstehende Buchen oder Buchenüberhälter entfalten noch später als die bereits erwähnten Stämme (Wirkung des Bestandesluftkörpers). Die Bedeutung der Exposition erhellt daraus, daß am 29. 4. 1934 die Buchen des Buchberges des O und SO Hanges zu 25 % die Blätter entfaltet hatten, während am NO Hang die Knospen sich erst vereinzelt geöffnet hatten.

Die Ergebnisse der eingetragenen Zeitabstände der Vegetationsentwicklung an den verschiedenen Standorten lassen sich leicht aus der phänologischen Übersichtskarte ablesen. An flächenhaft entwickelten Hängen folgen die Zonengrenzen gleichzeitiger Entwicklung ungefähr den Linien gleicher Höhenlage. Tief eingeschnittene Bachtäler drücken die Kurve gleicher Entwicklung herauf. Der Frühling steigt aus abgeschlossenen Talwannen nicht vom Tal aus den Hang hinauf, sondern fällt in der unteren Hangmitte ein und wandert von da aus hangaufwärts und abwärts. Dieser Einfallspunkt ist abhängig von der Gestalt, Öffnung und Neigung des Tales. Er scheint stets über der Zone der häufigen Talnebel zu liegen. Für den Hohen Iserkamm liegt die Zone spätester Vegetationsentwicklung nicht auf dem Kamm selbst, sondern auf den obersten Streifen des Nordhanges knapp vor der Kammhöhe. Dieselbe Zone trägt auch im Frühjahr die längste Schneebedeckung. Steile S Hänge von höher gelegenen, geneigten und offenen Tälern zeigen einen Anstieg des Frühlings, den Höhenschichtlinien folgend. Kältelöcher wie das Tal des Lämmerwassers am Reitsteg in Groß-Iser erzeugen eine eigene Sonderschichtung (nicht eingezeichnet).

Trotz der besonderen Mittelbildung wird man sicher auch in anderen Jahren bei der wiederholten Durchwanderung der angegebenen Strecke Rabishau - Reichenberg eine ähnliche Schichtung feststellen können. Die Größe des Zeitabstandes ist für die einzelnen Standorte relativ hoch, da Vaccinium myrt. und Sorbus aucup. fast allerorts beobachtet werden konnten. Wärmeempfindliche Pflanzen sind in dem Gebiet selten in den Beständen, häufiger auf Blößen und an Wegen vorzufinden.

Den Anschluß an die von Hoffmann 1881 gezeichnete phänologische Karte erreicht man über Wigandsthal - Grenzdorf: 16 Tage hinter Gießen. Grenzdorf entspricht den Werten von Hernsdorf.

Schon Cohn erwähnt 1851 die Berücksichtigung der Tagesextreme für die Erklärung der phänologischen Beobachtung. Zeichnet man die leicht zu errechnenden Termine des mittleren frühesten Vegetationsbeginns in die zugehörigen Bilder der Wärmebänder der benachbarten Temperaturmeßstellen ein, so liegt dieser Punkt für sämtliche Orte kurz hinter dem Kälteknoten des Wärmebandes im Frühjahr. (Zeitspanne maximaler Temperaturschwankungen.) Aus den Schaubildern für das Jahr 1933 ergibt sich ein enges Verhältnis zwischen der geomorphologischen Lage der Meßstelle und dem Zeitabstand des Vegetationsbeginns vom letzten mehrtägigen Frost. (Lachmann 1855.) Dabei ist nach den Schaubildern für Hütte, Klein-Iser und Rabishau das letztere mittlere Dekadenminimum, welches unter 1^{0} liegt, durch die Thermometeraufstellung bedingt und für die Pflanzenwelt als Frost aufzufassen. Sobald man die t ä g l i c h e n Extrem-

temperaturablesungen berücksichtigt, findet man diese Annahme bestätigt. Die Senkrechte, die man auf der Zeitabszisse im Punkte des mittleren Vegetationsbeginns für jede Beobachtungsstelle errichtet, schneidet die Kurve der mittleren monatlichen Maxima zwischen 12° und 13°, und zwar bei günstiger Exposition (Hütte) bei tieferer Temperatur (11,9°) als bei ungünstiger Exposition (N Hang, Tallage; Kälteloch an der Iser bei 14°). Wenn man von der Station Rabishau absieht (unsichere Temperatureinzelwerte), scheint neben der günstigen Hanglage die Aufstellung der Thermometer im Walde in der gleichen Richtung zu wirken. Die Kurve der mittleren monatlichen Minima wird zwischen 2,3° und 4,0° geschnitten, und zwar bei einem umso tieferen Minimum, je größer der Taleinfluß ist, bei einem um so höheren Minimum, je größer der Hangeinfluß ist (4,0°). Zieht man nun die täglichen Thermometerablesungen heran und ermittelt die Entfernung des mittleren Vegetationsbeginns von dem letzten mehrtätigen Frost in Tagen, so ist der Zeitabstand umso geringer, je günstiger die Exposition (Wald) und je größer die Höhenlage ist (Hütte 3 Tage); der Abstand ist umso größer, je ungünstiger die Exposition (Flinsberger Hang), je stärker der Taleinfluß (an der Iser) und je geringer die Höhenlage ist (Rabishau, Reichenberg). Falger 1933 stellt die Unbrauchbarkeit der Temperaturmittel für die Erklärung des Eintritts der Apfelblüte fest und behauptet, daß die Aufblühzeit vom Nachtmittel der Temperatur abhängt; damit ist die Möglichkeit der seit Quetelet (Cohn 1855) und Rosenthal (Kopp 1925) immer wieder versuchten Zurückführung des Frühlingsanfanges auf Wärmesummen verschiedener Zusammensetzung widerlegt. Auch im Hinblick auf die verschieden geformten Wärmebänder erscheint der Versuch, mit Wärmesummen allein zum Ziel zu gelangen, erfolglos zu sein. Aus dem bereits besprochenen Lageverhältnis des Kälteknotens zum mittleren Vegetationsbeginn konnten aus der Mittelbildung der täglichen Temperaturminima vom letzten mehrtätigen Frost bis zum Wiedererwachen der Pflanzenwelt Werte erwartet werden, welche für die unter sehr ähnlichem Standortsklima wachsende Waldbodenvegetation typisch sind.

Trotz der verschiedenen Exposition, Bodengestalt und Höhenlage der in der Tabelle 4 angeführten Orte ergibt sich für sämtliche Meßstellen ein mittleres tägliches Minimum zwischen 3° und 4°. Diese enge Grenze überrascht umso mehr, als für Reichenberg der mittlere Vegetationsbeginn 1933 unter Fichtenwaldbeständen Ende April angenommen werden muß, dagegen liegt der gleiche Punkt am Flinsberger Hang im zweiten Drittel des Juni. Ferner sind die zur Berechnung herangezogenen Zeiten verschieden lang. Die unterschiedliche Länge der Zeit vom letzten mehrtätigen Frost bis zum Vegetationsanfang wird bei annähernd gleicher Höhenlage bedingt durch den steileren Anstieg der Minimumkurve bei Tallagen (Kontinentalklima) und dem weniger steilen Anstieg bei Hanglagen und Waldbeständen (Seeklima). Eine direkte Beziehung des mittleren Vegetationsbeginns zu den Bodentemperaturen, wie sie durch Biot 1855 und Sendtner (Kopp 1925) angenommen worden war, besteht für meine Untersuchungen nicht. Vom Zeitpunkt der einheitlich ansteigenden Kurvenbündel der Bodentemperaturmeßstellen liegt der Vegetationsbeginn an der Hütte 45 Tage, an der Kreuzung 40 Tage, am Flinsberger Hang 25 Tage, an der Iser 19 Tage entfernt. Dadurch würden sich ähnliche Beziehungen aufstellen lassen, wie sie für die mittleren monatlichen Minima bereits entwickelt wurden. Am basaltischen Buchberg treten aber die phänologischen Phasen um 1 Woche früher ein als auf Urgestein bei gleicher Höhe und Hanglage (Buchwaldklima, Hitschold 1933, S. 26).

Die Mittel der täglichen Temperaturmaxima über die entscheidende Zeitspanne nehmen mit abnehmender Höhenlage zu.

Die Verzögerung des Vegetationsanfanges bei zunehmender Höhenlage kann aus den streng vergleichbaren Stationen errechnet werden:

Rabishau, 440 m, 2 Tage nach der Nullzone
Kreuzung, 940 m, 22 Tage nach der Nullzone
20/5 = 4 Tage.

Rabishau, 440 m, 2 Tage nach der Nullzone
Iserkamm, 1123 m, 30 Tage nach der Nullzone
28/6,8 = 4,1 " .

Das Mittel aus diesen Werten: 4,05 Tage/100 m Höhenzunahme deckt sich fast mit den von Danckelmann 1898 und Mattik 1934 angegebenen Werten.

Leider ist es mir durch die oben beschriebenen Umstände versagt gewesen, die Verhältnisse für 1934 nach dem eben beschriebenen Verfahren festzustellen. Die Ergebnisse müssen an genaueren klimatischen und phänologischen Werten nachgeprüft werden. Jedenfalls ist die Wärme nur ein Faktor neben Exposition und Bodengestalt. Ferner ist anzunehmen, daß nicht nur die Höhenlage und der Witterungscharakter des Untersuchungsjahres, sondern auch die einzelne Pflanzenart eines Pflanzenverbandes in verschiedenen Jahren einen unterschiedlichen Frühlingseintritt bedingen (Cohn 1851). Auch das Mittel der Zeit vom letzten mehrtätigen Frost bis zum Frühlingsanfang wird für verschiedene Pflanzenarten und verschiedene Jahre verschieden hoch sein. Damit ist für die Lösung des phänologischen Problems erst ein Weg gewiesen, der vielleicht dem Ziele näher führt. Die Untersuchungen an mehrjährigen homologen Beobachtungsreihen werden zeigen, ob die Zeit bis zum mehrtätigen oder bis zum vieltätigen Frost zu wählen ist.

Jahreszeitlich verschiedene phänologische Aspekte lassen sich nur für die Buchenbestände angeben, in den Fichtenbeständen der Kammzone ergibt sich nur durch das Auftreten und Verschwinden von Trientalis europ. und Homogyne alp. etwas Ähnliches.

Aus diesem ersten Versuch, ein so reich gegliedertes Gebirgsgebiet phänologisch erfassen zu wollen, kann als Ergebnis trotz aller Unsicherheit des absoluten Betrages der Zeitabstände festgestellt werden, daß der Frühling bei abgeschlossenen Talwannen zuerst in der unteren Hangmitte einfällt und den obersten Rand des N Hanges am spätesten erreicht. Dieses Verhältnis deckt sich gut mit den theoretischen Erwägungen von Kopp 1925, der angibt, daß der Vegetationsbeginn im Kontinentalklima (hier Tallagen) später liegt als im Seeklima (hier Hanglagen). Das Ergebnis paßt auch zu der durch Wimmenauer 1897 bekannt gewordenen Tatsache, daß im Flachland der Frühling zuerst in der 100 bis 200 m Stufe auftritt und von da aus in die tiefere Stufe herabsteigt (Mattik 1934). Da außerdem die Hänge klimatisch und bodenkundlich den Kämmen und Talböden gegenüber den besseren Standort für die Holzarten bieten, dürfte das gewonnene Ergebnis für die Wiedereinbringung der Buche in die Fichtenreinbestände (Spätfrostgefahr, Pflanzung unter Schirm) wertvoll sein.

Zum Schluß soll noch erwähnt werden, daß grunzapfige Fichten nur auf dem Kamm und an der Iser häufiger beobachtet wurden, während ich sie am Hang äußerst selten fand. Ein gleichmäßiges spätes Austreiben der Iserkammfichten konnte ich nicht beobachten (Rubner 1936).

Zusammenfassung der Ergebnisse der Untersuchungen über das Klima des Isergebirges

Das Isergebirge liegt nach R. Wegener 1922 in der ostdeutschen oder kontinentalen Klimaprovinz. Das Gebirgsvorland gehört dem vorsudetischen (kontinentalen), das eigentliche Gebirge dem sudetischen (seeklimaartigen) Klimakreis an. Der nach Osten hin sich stärker bemerkbar machende kontinentale Klimaeinfluß ist in dem Gebirge teilweise aufgehoben. Das Untersuchungsgebiet besitzt ein rauhes, perhumides Klima. Mit Hilfe der gezeichneten Wärmebänder (mittlere monatliche Amplitude der Tagestemperaturen) gelingt es durch ein besonderes Vergleichsverfahren, Verhältniszahlen zu finden für den jahreszeitlich verschiedenen Wärmehaushalt an den berücksichtigten Temperaturmeßstellen. Hang-, Tal- oder Kammlagen, nördliche oder südliche Expositionen, Steilzone oder Kammzone besitzen verschiedene gut definierbare Teilklimate, die abgesehen von ihrem Einfluß auf die Eigenschaften des Bodens nur einer bestimmten Auswahl von Pflanzen zureichende Lebensbedingungen bieten.

Für das K a m m k l i m a (waldbedeckte Kämme) ist charakteristisch: geringe tägliche Temperaturschwankungen, tiefe Mitteltemperaturen; es trägt daher einen ozeanischen Klimacharakter. Größter Windeinfluß, stärkste Verdunstung in und über dem Bestand, geringe Bodenwärme, kurze Vegetationszeit, durch Podsolation gestörtes Bodenwärmeprofil sind ferner hierfür anzuführen.

Das T a l k l i m a besitzt: maximale tägliche Temperaturschwankungen, tiefste Wintertemperaturen, relativ hohe Sommertemperaturen; es trägt einen kontinentalen Klimacharakter. In den Beständen findet man die kleinsten Verdunstungsmengen auch in der obersten Baumschicht. Häufige Nebel und Bodenfröste, kürzere Vegetationszeit als am Hang, in Regenzeiten kräftiger Wasserzufluß und Überschwemmungen begünstigen auf undurchlässigem Boden im Talklima der flachen, wenig geneigten Gebirgstäler und kleinster Geländemulden der Kammzone die Entwicklung üppiger Hochmoore. Im Gegensatz zur Westhälfte des Riesengebirges erhalten sie dem Isergebirge jenen schon früh hervorgehobenen, ständigen Wasserreichtum und üben einen steten Einfluß aus auf die den Pflanzen verfügbare Wärme. Die stark sauren Humusauflagen auf dem Waldboden und die Wasserabgabe der Moore hat bereits zur Zeit der Besiedlung dazu geführt, daß die Bäche nach ihrem Gehalt an kolloiden Humusstoffen mit Namen belegt wurden (Schwarzbach, Bierfloß, weiße und schwarze Desse, schwarzes Floß, rotes Floß usw.), die auf den Humusgehalt Bezug nehmen.

Das H a n g k l i m a unterscheidet sich von den eben beschriebenen zwei Klimatypen durch geringe tägliche Temperaturschwankungen, kleine Minima und durch Luftbewegung gemäßigte Maxima. Auf der Südseite wirkt vor allem der überragende Einfluß der Sonnenein-

strahlung auf die verfügbare Wärmemenge ein. Daher findet man hier neben einem verfrühten Vegetationsbeginn einen hohen Verdunstungsanreiz. Auf der Nordseite zieht der Frühling spät ein. Bei dem Vorherrschen der verschiedenen Südwinde ist die überaus geringe Verdunstungsmenge durch den Windschatten des Hohen Iserkammes zu verstehen. Während am Südhang die Sonnenstrahlen fast unter einem rechten Winkel die Baumkronenschicht durchdringen, bilden sie zur gleichen Zeit am N-Hang nahezu die Tangente an den Kronenmantel. Da Wärme und Verdunstung im großen und ganzen der Sonnenscheinkurve folgen, entscheiden die Exposition, die wichtigsten Bodeneigenschaften und die vom Forstverwalter bestimmte Dichte des Kronenschirms über die Zusammensetzung der Bodenflora. Im Laufe der Klimaerörterungen ist die auffällige Begünstigung auch der N-Hänge wiederholt besprochen worden. Die Buche steigt hier bis auf die Kammhöhe (Tafelfichte, Blausteine, Weißer Flins). Auf der nördlichen Steilzone findet man auch im Fichtenwald bestätigt, was L. Diels 1925, S. 380, für den Laubwald feststellte: "Die thermischen Verhältnisse sind wahrscheinlich ebenso günstig wie auf der anderen Seite (S-Seite). Da die Feuchtigkeit dabei größer bleibt, ist auf der N-Seite der Einklang der Faktoren während des Sommers wohl sogar vorteilhafter als in Südlage." Am Hangfuß überwiegt teils der Hangeinfluß, teils das Talklima je nach Jahreszeit und Talausformung. Die verfügbare Wärmemenge ist deutlich größer als im Tal. Mit dem steigenden Einfluß der Sonnenstrahlung wächst im Frühjahr der Unterschied zwischen dem südlichen und dem nördlichen Hangfuß. Die bildliche Gestalt der Kurve der mittleren monatlichen Maxima der Südhangstation erinnert besonders 1934 an die dargestellte Sonnenscheindauerkurve.

Das Hangklima setzt sich zusammen aus zwei Einflußfaktoren: Exposition und Vegetationsdecke (Geiger 1929). Der Hangeinfluß ist nach M. Exner 1928 in 3/4 Hanghöhe am größten.

Das F l a c h l a n d k l i m a ähnelt dem Talklima, es zeigt nur schwach den im Gebirge hervortretenden Einfluß der Exposition und Neigung auf die Wärmemenge.

Faßt man das zu allen Jahreszeiten übernormal warme Jahr 1934 als Naturexperiment auf, so muß die für dieses Jahr durch die hohe Sonnenscheindauer bedingte bedeutende Förderung des Wärmehaushalts der Hanglagen (auch N-Hang) auch in normalwarmen Jahren durch jede längere Sonnenscheinperiode in kleinerem Maße auftreten. Andererseits müssen die Hanglagen auch diejenigen Stellen sein, an denen der Forstmann durch vernünftige, die Bodenkraft erhaltende Bestandesgestaltung auch den Wärmehaushalt des Bestandes (am N Hang Minimumfaktor) mehren kann. Da aber aus den späteren Humusuntersuchungen hervorgeht, daß durch Fichtenreinanbau am nördlichen Steilhang des Hohen Iserkammes die Boden- und Humusverhältnisse derart beeinflußt werden, daß sie zu Trockniserscheinungen führen, wird eine günstige Beeinflussung des Bestandeswärmehaushaltes nur dann möglich, wenn durch genügende Laubholzbeimischung dem Boden ein günstiger Kolloidkomplex und genügende Humusfeuchtigkeit möglichst lange erhalten bleiben. Faßt man mit Dengler 1935 die natürliche Verbreitung der Holzarten als vieltausendjährigen Anbauversuch der Natur auf, so ist dieser Schluß im Hinblick auf die Waldgeschichte dieser Hänge sogar selbstverständlich.

Um die monatlichen und jährlichen Temperaturmittel der Dauerstationen für einen Vergleich mit anderen Gebieten angeben zu können, habe ich die mir erreichbaren Werte in der Tab. 2 zusammen-

gestellt. Durch die voraufgegangenen Darlegungen und den Vergleich der menrjährigen Jahresmittel findet man die von Stenzel 1877 S.161 ausgesprochene Vermutung bestätigt, daß zur Erklärung des ungewöhnlich niedrigen Vorkommens des Knieholzes, des Zwergwachholders und der Zwergbirke eine im Verhältnis zur Höhenlage ungewöhnlich niedrige Temperatur der Iserwiese angenommen werden muß (Göppert 1868, Fiek 1881, Siebelt 1909). Dabei ist es nach J. Dittrich 1936 fraglich, ob die weiten Moore oder die Wannenform der Isertäler den größeren Einfluß auf die Luftwärme ausüben.

Die 4 Stationen, an denen die Bodentemperaturen laufend festgestellt wurden, liegen über 800 m an den Flanken des Hohen Iserkammes. Das Verhältnis der Wärme der einzelnen Schichten zu einander entspricht im Jahreslauf den bereits bekannten Erscheinungen. Durch verschiedene Länge der Frühjahrs- und Herbstinversionszeit des gerichteten Wärmestromes kommt der Expositionseinfluß zur Geltung. Die Jahresmittel für 1933 liegen zwischen 3,4° und 4,9°. Sie erreichen nur die Hälfte der Werte von Bad Landeck (460 m) bei einer Höhendifferenz von 400 bis 650 m. Die Schwankungsweite zwischen den absoluten Monatsmaxima und Monatsminima beträgt wie bei Burger (Laubwald) auch hier 13° bis 9° mit zunehmender Bodentiefe. In den obersten Bodenschichten wird das Maximum im Juli, das Minimum bei beginnendem Tauwetter erreicht. In den tiefsten Schichten liegt das Maximum im August und das Minimum örtlich zu verschiedener Zeit. Von April bis August (Wärmezunahme) besteht in 1 m Tiefe auch die von Scultetus 1930 erwähnte Staffelung, daß das Minimum des Nachmonats fast gleich dem Maximum des Vormonats ist, während zur Zeit des aufwärts gerichteten Wärmestromes das Minimum des Vormonats dem Maximum des Nachmonats ähnlich ist. Alle stärker gebleichten Profile zeigen unterhalb der durch die Auswaschungsvorgänge veränderten Profilschichten eine Abnahme der Jahreswärmemittel. Demnach hindern die dichteren und feuchteren Eluvial- und Illuvialhorizonte das gleichmäßige Eindringen der Sommerwärme, wie es an wenig gebleichten Profilen zu beobachten ist.

Vom Ende der Zeit des Bodenfrostes bis zum ersten Schneefall und Bodenfrost wurden 1933 morgens in 3 cm Tiefe die Humustemperaturen unter Fichtenstreu, Calamagrostis vil., Aira flex., Vaccinium myrt., Polytrichum form. und Dicranum scop. festgestellt. Da je nach dem Witterungscharakter verschiedene Klimaelemente den entscheidenden Einfluß auf die Höhe der Humuswärme ausüben, lassen sich die Ergebnisse nur an Einzelwerten besprechen. Aus den für den Frühling, Sommer und Herbst gezeichneten Kurvenbildern ergibt sich ein jahreszeitlich verschiedenes Verhalten der Humusschichten zu den Wärmeänderungen des Bestandesluftkörpers, welches je nach der Pflanzenart abhängt vom Habitus der Pflanze, von dem verschiedenen Entwicklungszustand der Blätter, von der Siedlungsdichte, vom Untergrund, von der Bodenstruktur, von der Bodenfeuchtigkeit und von der Hangexposition. Die Humusarten sind schlechte Wärmeleiter und besitzen eine große Wärmekapazität, daher verringern sie die Temperaturschwankungen im Boden. Die Moose zeigen, solange sie frisch sind, die geringsten jahreszeitlichen Schwankungen. Daher ist für die Vegetationszeit ein Vergleich möglich zwischen dem Verlauf der Bodenwärmekurven und denen der verschiedenen Humusarten. Bei diesem Vergleich entspricht die Wärmekurve des Streuhumus der Wärmekurve der geringsten Bodentiefe, die des Grashumus der mittleren und die Wärmekurve des Mooshumus der Wärmekurve der größten Bodentiefe.

Die N i e d e r s c h l a g s m e n g e n entsprechen den 3 abgegrenzten morphologischen Zonen, sie steigen mit zunehmender Höhe. Das Vorhandensein einer Luvseite ist schwach angedeutet, es ist aber möglich, daß infolge der relativ geringen Differenzen bei langjährigen Niederschlagsmitteln der Unterschied verschwindet. Nicht der Waldreichtum des Isergebirges, sondern seine geographische Lage in der NO Ecke des böhmischen Beckens, ist der Grund für die hohen Niederschlagsmengen, die dem Gebirge auf der van Bebberschen Zugstraße barometrischer Minima zugeführt werden.

Bei Tauwetter hängt die A b f l u ß geschwindigkeit von den Bodenfrostverhältnissen ab. Bei starkem Bodenfrost läuft das Tauwasser sogar über die Humusschichten hin weg. Bei offenem Boden und gleichmäßigem Tauvorgang erfolgt der Wassertransport über den Podsolschichten. Wo Bleicherdezonen fehlen, ist ein Abfließen nicht zu beobachten, die Wasserbewegung erfolgt diffus durch alle Schichten hangabwärts. (Vgl. pH und Austauschazidität.) Die Abflußmengen hängen stark von der voraufgegangenen Witterung ab. Gesunde Waldbestände mildern die Wasserererosionen und die Hochwassergefahr. Neben der Bedeutung für den Bodenwasserhaushalt sind die Abflußbeobachtungen wichtig für die jährliche Schwankung der Austauschazidität im Boden. Für den Abfluß der Niederschlagsmengen gelten dieselben Verhältnisse.

Der standörtlich verschiedene Anreiz zur V e r d u n s t u n g wurde durch Atmometermessungen ermittelt. Setzt man die täglichen Verdunstungsmessungen an den verschiedenen Standorten in Beziehung zu den Verhältnissen von Groß-Iser, so ergibt sich, daß maximale Verdunstungswerte erreicht werden zur Zeit größter Sonnenscheindauer, die meist auch hohe Lufttemperaturen herbeiführt. Warme, trockene Südwinde können den gleichen Erfolg haben. Minimale Verdunstungswerte werden erreicht bei bedecktem Himmel, bei niedrigen Tagestemperaturmitteln und bei starkem Regenfall. Das gleiche Verhältnis zeigen die Tagesmittel aller 8 im Gebiet verteilten Atmometer. Dabei finden sich zur gleichen Zeit und unter gleichen Umständen die höchsten Verdunstungswerte am Hang den Tälern gegenüber, bei Südexpositionen der Nordlage gegenüber, an der höheren Hangstelle der tieferen gegenüber (Hütte, Kreuzung). (W. Lüdi 1925). Bei größeren Höhenunterschieden (Hütte, Sandberg) werden durch die höhere Luftwärme an der tieferen Stelle höhere Verdunstungsmengen erreicht unter ähnlichen Verhältnissen. Vergleicht man die Verdunstung in den meteorol. Hütten von Groß-Iser und Flinsberg, so überragen im windreichen Frühjahr die Iserwerte, im sonnenscheinreichen Sommer die Flinsbergwerte den Betrag der Vergleichsstelle. Im Herbst scheint, wie im Hinblick auf die gesamte Beobachtungszeit, fast Gleichheit zu herrschen trotz einer Höhendifferenz von 370 m. Ein kurzfristiger Versuch, im Herbst das Gesamtgebiet an 7 Stellen gleichzeitig zu bemessen, zeigt neben der Wiederholung der bereits besprochenen Expositionsunterschiede die Bedeutung der hohen Stammdichte für die Verdunstungsgröße. Dieser Einfluß ist in Rabishau so hoch, daß hier trotz höherer Luftwärme nur wenig mehr als die Hälfte der Verdunstungsmenge von Groß-Iser erreicht wird. Sogar an den Nordhängen ist die Verdunstungsmenge um ein Drittel höher als in Rabishau. Im Kronen- und Stammraum hängt die Verdunstung ab von der Höhenlage und Bestandesdichte, aber auch von der Kronenform und der astfreien Stammhöhe. Bei geringer Stammdichte und der hangbedingten Auflösung des seitlichen Bestandesschlusses findet sich unter den Kronen der Kammhangfichten eine Zunahme der Verdunstungs-

größe. Bei den Talfichten, deren Kronen bis an den Boden reichen (Iseruferwald), fehlt die Erhöhung des Verdunstungsanreizes an der Kronenbasis.

Im Verhältnis zur Niederschlagsmenge ist der Verdunstungsanreiz besonders in den höheren Lagen gering, damit hängt die Größe und Bedeutung der Auslaugungsprozesse im Boden eng zusammen. Alle Faktoren, die die Verdunstung ändern, beeinflussen den Charakter des Bodenprofils.

Durch die phänologischen Beobachtungen wird die Pflanze als vielseitigstes Meßgerät zur Charakterisierung des Klimas herangezogen. Nach den Mittelwerten der Beobachtungen im Jahr 1933 wurde eine phänologische Übersichtskarte des Isergebirges gezeichnet. Die Karte läßt erkennen, daß Exposition und Bodengestalt auf die phänologischen Werte einen ähnlichen Einfluß ausüben wie die verschiedene Höhenlage des Standorts. Der Frühlingseinzug in abgeschlossenen Talwannen erfolgt nicht den Höhenlinien folgend, sondern von der unteren Hangmitte ausgehend hangaufwärts und -abwärts. Der Ort des spätesten Frühlingseinzuges liegt an dem oberen Rand des N Hanges.

Nach der Gestalt der Wärmebänder ist das Verhältnis des Tages des mittleren Frühlingsanfangs zu der Zeitspanne maximaler Temperaturschwankungen im Frühjahr bedeutsam. Daher wird der Zeitraum von dem letzten mehrtätigen Frost bis zum Frühlingseinzug hinsichtlich seiner Länge und Form und der Höhe der mittleren monatlichen Extremtemperaturkurven beachtet. Dabei ergeben sich Gegensätze durch verschiedene Höhenlage, Exposition und Bodengestalt. Obgleich die einzelnen Beobachtungsstellen nach allen eben aufgezählten Eigenschaften stark von einander abweichen, liegt das mittlere tägliche Temperaturminimum dieses Zeitraumes für alle Meßstellen zwischen 3° und 4°. Wie weit nach dieser Berechnungsweise für bestimmte Pflanzenverbände in den verschiedenen Jahren charakteristische Schwellenwerte gewonnen werden können, ist erst nach Anwendung dieser Berechnungen auf vollkommen homologe Beobachtungsreihen zu beurteilen. Es wäre denkbar, daß kolloid-chemische Vorgänge im Pflanzenkörper zu diesen Schwellenwerten in irgend einer Beziehung stünden (Döhring 1935, Fuchs 1935). Durch Falger ist schon 1933 auf die Beziehung der phänologischen Entwicklungsphasen zu dem Temperaturmittel der Nacht hingewiesen worden. Auf dem warmen Basaltboden des Buchbergs treten die phänologischen Erscheinungen an den Pflanzen bei vergleichbarer Höhe und Hanglage um 1 Woche früher ein als auf Urgesteinsböden.

Die Fichtenforst-Assoziationen des Isergebirges

Die Zusammenfassung der Waldgeschichte des Isergebirges

Geologie, Morphologie und Klima bestimmen die Pflanzendecke einer durch den Menschen ungestörten Naturlandschaft. Die Zusammensetzung der jetzt vorhandenen Fichtenforstassoziationen entspricht nicht allein den durch Klima und Boden gegebenen Bedingungen. Daher ist für die Erklärung der aufgenommenen Assoziationen als bedeutsamer Faktor die Zusammenfassung der Waldgeschichte unerläßlich (Burger 1926, Rebel 1936). Eine eigentliche Bestandes-

geschichte ist für die Isergebirgsforsten noch nicht vorhanden, da das Gebiet erst relativ kurze Zeit forstwirtschaftlich bearbeitet wird.

Die Ergebnisse der pollenanalytischen Untersuchungen zur säkularen Waldgeschichte

Nach der Eiszeit, in der das Isergebirge frei war von Gletschern (Blumrich 1935), erfolgte die Besiedlung des Bodens nach der allgemeinen Grundsukzession der mitteleuropäischen Waldentwicklung: Birke, Kiefer - Hasel, Eichenmischwald - Buche. In der Buchenzeit breiteten sich die Fichte und die Tanne aus von im SO und SW gelegenen Ausgangspunkten. F. Firbas 1936, S. 399.

Auf den von W. Szafer 1935 (s. F. Firbas 1936) gezeichneten Isopollenkarten der Fichte erkennt man, daß bereits in der frühen Wärmezeit (Firbas 1927) der Fichtenpollen im Isergebirge 5 % erreichte und von der mittleren Wärmezeit an, der Zeit der Massenausbreitung der Fichte in den deutschen Mittelgebirgen, in der Kammzone unverändert 50 % behielt. In den unteren Lagen fiel in der späten Wärmezeit die Pollenfrequenz auf 20 %. Die von J. Plail 1927 untersuchten Isergebirgsmoore der Kammzone lassen erkennen, daß die Moorbildung erst später eingesetzt hat und Fichtenpollen bis in die tiefsten Zonen hinein vorhanden ist. Allerdings entstammt die untersuchte Probe von Groß-Iser nicht dem mächtigsten Moore, es ist daher möglich, daß sich in dem über 5 m tiefen Kobelmoor (mit Betula nana) auch die Frühstufen der Birken-Kiefernzeit nachweisen lassen. Nach den Plailschen Untersuchungen ist die Kammzone stets ein nadelholzreiches Gebiet gewesen. Dennoch ist besonders der Buchenpollen neben geringen Mengen Tannenpollen reichlich vorhanden. Offenbar spielte in den Bergwäldern die Buche eine größere Rolle als im Vorland, in dem die Tanne vorherrschend war. Bis nahe an 1000 m Höhe bildeten auf allen nicht vermoorten Böden Buche und Tanne den Baumbestand; erst über dieser Grenze begann der subalpine Fichtenwald ohne wesentliche Beimischung von Buche und Tanne (Firbas 1929).

Nach R. Wünsch 1935 erreichte bereits in der Kiefern-Haselzeit der Eichenmischwald im Neißequellgebiet seine höchste Entwicklung bis zu 800 m. Das Gablonzer Bergland und das Gebiet des westlichen Gebirgsvorlandes gehört zu den laubholzreichsten Teilen Böhmens der damaligen Zeit. Gleichzeitig wird die starke Entwicklung der Hasel betont. L. Stark 1936 berichtet dasselbe von den Seefeldern. Solche Gebiete zeigen sich als günstig für Laub- und Buchenwald, dabei wird die Fichte stark verdrängt und Buchen und Tannen breiten sich ungehindert aus. Buchen und Tannengebiete heben sich aber deutlich von einander ab, man findet sie innerhalb der Abgrenzung ehemaliger Eichenmischwald- und Haselbezirke. Firbas 1927 führt die obigen Tatsachen auf edaphische Ursachen zurück. Es handelt sich bei einem der untersuchten Gebiete, den Jeschkenhang, um einen ausgesprochenen Steilhang. Wünsch 1935 hält das Hangklima für entscheidend.

Schon in der Buchen-Tannenzeit fehlten am Nordfuß des Riesengebirges die von der böhmischen Seite aus den tieferen Lagen berichteten hohen Tannenfrequenzen. Dagegen stimmen die Pollenprofile dieser Zone mit dem Landschaftsbild der buchenarmen schlesischen Ebene überein. L. Stark betont, daß seit der Kiefern-Hasel-

zeit im schlesischen Sudetenvorland fast reine Kiefernwälder herrschten, die sich auch in der Fichtenphase nur wenig verdrängen ließen. Nach der subalpinen Region hin ist nach den Pollenverhältnissen des Schneegrubenprofils und nach den Ergebnissen der böhmischen Untersuchungen eine beträchtliche Arealerweiterung des Laubmischwaldes über seine heutige Höhengrenze zu ersehen. In der Buchen-Tannenzeit ist der Anteil der Buche in der Ebene überall kleiner als 5 % mit Ausnahme des Glatzer Berglandes. Im Riesengebirge herrschte in dieser Zeit ein Mischwald von Fichte, Tanne und Buche. "Gegenüber den buchenreichen Gebirgsregionen ist gegenwärtig die schlesische Ebene im näheren Umkreis der untersuchten Moorbezirke als relativ buchenarm zu bezeichnen, ein Zustand, der sich auch während der Postglazialentwicklung am geringen Aufschlag der Kurven zu erkennen gibt." L. Stark 1936.

Nach P. Stark u. F. Overbeck 1929 liegt am Gebirge die Ostgrenze verschiedener Baumarten, die bei dem ozeanischen Charakter des Gebirges noch kaum in Erscheinung treten konnte, die sich aber in der Ebene durch die stärkere Kontinentalität zeigt. Daher treten Buche und Tanne in der Ebene weitgehend zurück. Auch durch die Bodenbeschaffenheit erhält die Kiefer das Übergewicht, so daß sich den böhmischen Profilen entsprechende Waldphasen kaum herausschälen lassen. Vergleicht man die Holzartenübersicht von Niederschlesien (H. Meyer 1937) mit der Bodenkarte von Stremme (1936), so setzt das Vorherrschen der Kiefer im schlesischen Flachland heute erst nördlich der Linie Bautzen - Görlitz - Bunzlau - Liegnitz mit dem Übergang der braunen Waldböden mit Löß in das Gebiet der rostfarbenen Waldböden mit Sand ein.

Es bestand also schon lange vor der geschichtlichen Zeit ein deutlicher Gegensatz in der Anteilnahme der Laubwaldbäume an der Besiedlung der nördlichen und südlichen Gebirgsflanken. Pollenanalytische Untersuchungen an Mooren des deutschen nördlichen Isergebirgsvorlandes fehlen noch. Es ist daher möglich, daß die Nordflanken des Isergebirges ein Übergangsgebiet darstellen von den zwischen Friedland und Neustadt geltenden Verhältnissen (F. Firbas 1927) nach dem von L. Stark 1936 bearbeiteten Riesengebirgsvorland (Einfluß des Lausitzer Beckens). Der Anteil der einzelnen Holzarten ist unsicher. Nachgewiesen ist das Vorherrschen der Fichte in der subalpinen Region und eine hohe Beteiligung von Buche und Tanne in der montanen Region. Ein Bild der natürlichen Waldassoziationen kann die Pollenanalyse nicht geben.

Die Arbeit von M. Puchmayerowa 1936 war mir leider vor Abschluß der Arbeit nicht zugänglich.

Die rezente Waldgeschichte

"Die älteste urkundlich verbürgte Geschichte des Landes ist die Geschichte seiner Entwaldung." J. Partsch I. 1911. Bis weit in das Mittelalter hinein bildete das Isergebirge mit seinen undurchdringlichen Waldungen einen natürlichen, vom Menschen unberührten Grenzwall zwischen Böhmen und Schlesien. Nach landesherrlichem Willen durften selbst die Bachufer nicht gelichtet werden. 1175 werden die warmen Quellen von Warmbrunn inmitten eines dichten Urwaldes durch Jäger entdeckt (Heisig 1884). Im 13. Jahrhundert beginnt die deutsche Besiedlung der böhmischen Seite in der Laubwaldzone und damit die Zeit ungeregelter Plenterwirtschaft.

Bereits im 16. und 17. Jahrhundert empfiehlt die Wallensteinsche Wirtschaftsordnung Strafmaßnahmen gegen die zu großer Bedeutung (Hübler 1892) angewachsenen Berufe der Schindelmacher, Köhler (noch 1845 erwähnt), Aschenbrenner, Harzkratzer und ähnlicher. Durch diese Waldausbeuter wurden besonders die Laubholzbestände angegriffen, daher war schon seit dem 16. Jahrhundert das wilde Fällen von Bäumen verboten. Um 1600 werden die ersten Glashütten (Fischer 1933) und Eisenhämmer gegründet, gestützt auf den großen Holzvorrat und auf die Pottaschebrennerei. Die Glashütten folgen den immer stärker abnehmenden Waldungen talaufwärts bis in die Kammzone (Klein-Iser 1828 gegründet). In derselben Zeit beginnt in Neustadt und Giehren der Zinnbergbau.

Die Schäden des 30jährigen Krieges sucht man durch erhöhten Raubbau am Walde auszugleichen. Die Stufe der geregelten Abbauwirtschaft in Böhmen beginnt Mitte des 18. Jahrhunderts. Forstmeister Turschky von Tursi erwägt 1730 die Einführung von Kahlschlägen für die niederen Gebirgsteile, die aber bis zur Mitte des Jahrhunderts im Plenter- und Fehmelbetrieb ausgebeutet wurden. Zu seiner Zeit nimmt die Fichte kaum ein Drittel der Waldfläche ein, während die Tanne und die Buche durch ihr häufiges Vorkommen noch vielen Orten den Namen geben. Neben der Buche und der Eiche wird der Ahorn als wichtigster Waldbaum angeführt. Über die in jener Zeit eingeführten Holzschläge mit gleichartigem Baumbestand bringen die Forstbeamten ihre Unzufriedenheit zum Ausdruck wegen der im Anfangsstadium von selbst auftretenden Hainbuchen, Eichen, Espen, Birken, Erlen und Weiden. Aus der von B. Schier 1927 ausführlich wiedergegebenen sorgfältigen Waldbeschreibung des Oberförsters G. Tschiedel, verglichen mit den Revierkarten von 1808 bis 1813, geht nach F. Firbas 1929, S. 238 hervor, daß die Buche in allen Revieren der Gebirgswälder, in denen heute noch größere Buchenwälder stehen, eine wichtige Rolle gespielt hat. Bereits im Neustadter Bergbaugebiet, wo sie heute sehr spärlich ist, trat sie schon damals zurück. Trotz des Waldraubbaues hatte sich bis vor 200 Jahren die Waldzusammensetzung wenig geändert. Während zu Anfang des 19. Jahrhunderts die Tanne fast verschwunden ist, kommt die Buche (Ratzeburg 1842) im Gebirge teilweise noch ebenso häufig vor wie die Fichte, auch an Stellen, wo sie heute stark zurücktritt.

Mit der weiteren Ausdehnung der Kahlschlagwirtschaft und der gleichaltrigen Baumbestände wird die Abnahme der Tanne und der Laubbäume gefördert. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts gab es im Friedländer Bezirk keine reinen Laub- und Nadelwälder, diese sind erst später erzogen worden. B. Schier 1928. Erst nach der Einführung der Kahlschläge und der Reinbestände mehren sich weiterhin die Klagen über Wetter- und Ungezieferschäden. Die Tanne verschwindet völlig, die großen Blößen besamen sich mit Fichten und werden später auch mit Fichten bepflanzt. Die natürlichen Waldgesellschaften werden unter dem Einfluß der Nutzung und der forstlichen Abtriebsmaßnahmen artenarm.

Wenig anders liegen die Verhältnisse auf der deutschen Seite. Oberforstmeister Köhler erwähnt 1927 zwei alte Forstordnungen aus den Jahren 1593 und 1697, in denen die Schaffgot'schen Wälder als Urwaldgebiete dargestellt werden, die nur von Blößen unterbrochen sind, die durch Wind und Insektenschäden entstanden waren. Die durch Friedrich den Großen erlassenen Forstordnungen verbieten die Holzverwüstung. Sie wurden aber nicht beachtet, bis die Ge-

birgsforsten unter Staatsaufsicht gestellt wurden. Durch die Forstordnung von 1750 war mit dem Kahlschlag auf deutscher Seite eine geregelte Abbauwirtschaft (Schmalsaumschlag mit Seitenbesamung) eingeführt worden. Wo Tannenverjüngung fehlte, sollte sie künstlich hingebracht werden. Außerdem sollten Buche, Lärche und Ahorn an den Orten, wo sich Tannen schickten, einzeln mit untergemischt werden. Besonders im Gebirge, wo starke Stürme wehen, sollten die Forstbeamten sorgfältig verhindern, daß Buchen gehauen würden. (Herrmann 1933.)

Fast 31 % der vorhandenen Holzbodenfläche waren 1756 Blößen. Bis 1890 war die Produktionskraft für 1 ha 100jährigen Holzes um 33 % des Jahres gesunken. Da man auf keiner Seite vor 1800 den Wald wieder anschonte, entstanden große Waldwiesen, die gegen geringen Zins verpachtet wurden und die Grasnutzung und Waldweide zu einer lästigen Nebennutzung werden ließen. Selbst heute wird dieses Recht auf deutscher Seite noch ausgeübt, und wird nicht eher abgelöst werden können, bis auch die Revierbeamten ihr eigenes Vieh nicht mehr an den schönsten Waldstandorten hüten lassen. Bis Anfang des 19. Jahrhunderts war Dank der Initiative der Landesfürsten eine völlige Waldverwüstung vermindert worden, weil man Brennholzmangel befürchtete.

Die Stufe der geregelten Anbauwirtschaft beginnt damit, daß die Blößen mit den schnellwüchsigen Nadelhölzern aufgeforstet wurden, da man schon zu lange auf Naturverjüngung gewartet hatte. Diese Maßnahme war anfangs nur ein Notbehelf und sollte später zum Laubwald zurückführen. Nach dem Absinken der Brennholzpreise durch die gesteigerte Steinkohlenförderung suchte man aber durch Fichtenreinbestände zu höchstem Holzertrag zu gelangen (Hausrath 1914). Im Zeitalter der Industrialisierung und der materialistischen Bodenreinertragstheorie stand die aufblühende Forstwirtschaft zunächst vor der Aufgabe, die großen Blößen weiterhin aufzuforsten und verwilderte Bestände zu schlagen, um sie mit der leicht anpflanzbaren Fichte wieder in Bestand zu bringen.

Die Waldkarte von H. Hausrath 1914 gibt für das Isergebirge um 1300 noch 25 bis 49 % Laubholz an; nach der Karte von 1900 sind nur noch 24 bis 1 % vorhanden. Nach der Holzartenkarte von H. Meyer 1937 sind für das Isergebirge nur noch weniger als 1 % Laubholz vorhanden.

Der Wald hatte in der Neuzeit in erster Linie die Aufgabe, seinem Besitzer Geld zu bringen, alles andere war Nebensache (von Vietinghoff-Riesch 1936, F. Gessner 1930), eine Ansicht, die L. Hufnagel 1935 noch vertritt. J. Heisig weist 1884 auf die von Jahr zu Jahr steigenden Einnahmen aus der Fichtenreinwirtschaft der Schaffgotsch'schen Waldungen hin.

Als erster Mahner in Schlesien erhebt der geniale Breslauer Botaniker R. Göppert 1868 auf Grund seiner Kenntnisse der schlesischen Gebirgswaldungen entschieden Einwand gegen die einseitige Begünstigung der Fichte. Durch seine Untersuchungen über die Urwälder des Kubany stellt er die natürlichen gesunden und wuchsfreudigen Buchen - Tannen - Fichtenurwälder des Böhmer Waldes als Maßstab hin für die Pflege und Beurteilung der Gebirgsforsten. Diese Arbeit hätte damals schon durch ihre Hinweise auf den Bodenzustand und die Bestandesgesundheit zu einer Umkehr der forstwirtschaftlichen Planung führen können. Aber erst die Forderungen

Karl Gayers 1889, nicht dem Ertrag, sondern den Ertragskräften das volle Interesse zuzuwenden, leiten diese Umstellung ein. In den Verhandlungen des schlesischen Forstvereins findet man seit Göppert besonders durch von Pannewitz (z.B. 1841 und andere Forstbeamte) viele Hinweise auf das Mischwaldproblem. Durch Köhler 1927 wird erst in jüngster Zeit der Buchen-Fichtenmischwald zum Bestandesziel für das Riesen- und Isergebirge erhoben.

Trotz dieser mahnenden Stimmen finden wir nach den Angaben von Köhler 1927 im Riesen- und Isergebirge nur 1 % Buche gegenüber 95 % Fichten. Der Grund dafür liegt nicht allein in den schwierigen wirtschaftlichen Verhältnissen, sondern weit mehr in dem ausdrücklichen Verlangen der Sulfitzellstoffindustrie nach F i c h t e n holz aus möglichst dicht geschlossenen Beständen. (Högglund 1936.) Wegen der ausländischen Konkurrenz ist ein Ersatz des Fichten- und Kiefernholzes durch Buchenholz nicht möglich. Eine Verknappung des Fichtenholzes bildet eine ernste Gefährdung der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie. Darum stellt G. Reinhold 1927 dem Schlagwort von der Buche als der Nährmutter des deutschen Waldes gegenüber, daß die Fichte die "f i n a n z i e l l e Nährmutter" des Waldes sei.

Der Einfluß der Industrie auf die Forstwirtschaft gilt im Besonderen für das Riesen- und Isergebirge, da der Bedarf der intensiven Zellstoff-, Zellwolle- und Papierindustrie des Hirschberger Tales durch die gesamte Holzmenge beider Gebirge nicht gedeckt werden kann. So werden die heutigen Forsten eine "Holzfabrik" (F. Gessner 1930) und die Forstwirtschaft wird zum "Holz-Ackerbau" (G. Krauss 1935). Durch Erfindungen der jüngsten Zeit wird die Verwendbarkeit der Buchenzellulose für die Herstellung der Vistrafasern möglich. Da diese Industrie im Hirschberger Tal Fuß gefaßt hat, ist für die niederschlesischen Forsten die Buche schon jetzt nicht mehr schwer absetzbar. Vielleicht wird zur Zeit der Schlagreife der jetzt gepflanzten Mischwaldbestände die Buche für die Industrie ebenso wertvoll sein wie die Fichte.

Neben den bereits 1936 dargelegten Richtlinien des Reichsforstmeisters H. Göring für den nationalsozialistischen Waldaufbau legt die nun erlangte Verwendbarkeit des Buchenholzes der Gebirgsforstwirtschaft sogar ohne finanzielle Einbuße die Pflicht auf, sofort mit allen verfügbaren Kräften an der Wiederherstellung möglichst naturnaher Waldbestände zu arbeiten, damit das bereits gestörte ökologische Gleichgewicht der Buchen-Fichtenmischwaldregion möglichst bald wieder hergestellt werde. Denn der gegenwärtige Gewinn durch Fichtenreinanbau wiegt die gleichzeitige Entwertung des Waldbodens nicht auf. Der Forstmann hat aber die Pflicht, die "urtümlich bodengebundene Kraft der Heimaterde" (von Schönichen 1934) dem deutschen Menschen zu erhalten.

Die Gliederung der Waldbestände des Isergebirges nach Firbas

F. Brieger unterscheidet 1921 im Isergebirge ein Piceetum vacciniosum von dem Piceetum graminosum, ohne Pflanzenlisten zu veröffentlichen. Als Beispiel für den Buchen-Fichtenmischwald nennt er einen Teil der Pflanzen des NO Hanges des Buchberges, die auf ursprünglichem Buchenwaldboden stehen.

F. Firbas gibt 1929 an Hand der von ihm im Friedländer Bezirk angestellten Untersuchungen eine sorgfältige Gliederung der Isergebirgswaldungen, wie sie ähnlich kaum an einer anderen Stelle des Gebirges abzuleiten ist, da in diesem Bezirk nicht allein der Buchen-Fichtenmischwald, sondern auch der Buchenbergwald gut erhalten sind. Diese Gliederung wird auch für die übrigen Teile des böhmischen Isergebirges gelten, wenngleich besonders an der südlichen Steilzone die Fichten stark die Buchen verdrängt haben. Für die deutsche nördliche Steilzone hebt bereits Firbas hervor, daß die Buchen hier schon in vorgeschichtlicher Zeit in geringerem Maße an der Waldzusammensetzung beteiligt waren. Durch den Zinnbergbau bei Neustadt und Giehren und durch die leichte Zugänglichkeit des Gebirges wurde der Buchenanteil bald weiter herabgesetzt. Dieser Übergang zu buchenärmeren Waldbeständen und der damit verbundenen ärmeren Waldbodenvegetation fällt anscheinend nahezu mit der Grenze zwischen Granit und Gneis zusammen. Gleichzeitig beginnt morphologisch an dieser Grenze der mehr flächenhaft entwickelte deutsche Teil der nördlichen Steilzone. Auch klimatisch liegt z.B. Flinsberg ungünstiger als Haindorf und Weißbach, die unter dem Einfluß der warmen Lausitzer Bucht stehen. Leider habe ich von den beiden letztgenannten Orten keine Klimawerte erhalten können. Das häufige Vorkommen mächtiger Walnußbäume bis dicht an die Steilzone in Haindorf-Weißbach und der auf Grund der phänologischen Beobachtungen ermittelte Zeitabstand des verschiedenen Zeitpunktes des mittleren Frühlingseinzuges von 4 Tagen zwischen Flinsberg und Weißbach bei gleicher Höhenlage weisen auf die Klimadifferenzen hin. Zwischen Haindorf und Neustadt verläuft aus ähnlichem Grunde die von Firbas gezogene Grenze zwischen dem Einflußbereich des Sudetenvorlandes und dem des Lausitzer Hügellandes (Firbas 1929, S. 226).

Man wird der von Firbas aufgestellten Gliederung der Isergebirgswaldungen folgen können (Firbas 1929, S. 160 ff) und die Waldungen am deutschen Nordhang des Isergebirges als floristisch verarmte Assoziationen der von Firbas aufgestellten Typen ansehen dürfen. Firbas unterscheidet:

1. Die heidelbeerreichen Fichten- und Kiefernwälder der Hügelzone. Dieser Region entsprechen die Bestände bei Rabishau.
2. Der Buchen-Kiefergürtel des Gebirgsvorlandes, der an dem deutschen N Hang fehlt.
3. Der waldschmielenreiche Buchenwald, in dem je nach Exposition Aira (N) oder Myrtillus (S) herrschen. Hierher gehört die Untersuchungsstelle am Hemmrich.
4. Der Buchenbergwald, der nicht der Untersuchung unterzogen wurde.
5. Der Fichtenbergwald (montane Stufe) mit eingesprengten Buchen und einigen Restbeständen alter Buchenbergwälder und Buchen-Fichtenmischwälder. Dieser Zone gehören die Untersuchungsstellen Sandberg, Ludwigsbaude und Queis an.
6. Der subalpine Fichtenwald oberhalb des Vorkommens der strauchförmigen Buchen mit einzelnen strachförmigen Buchenkrüppeln, die in die phänologische Übersichtskarte eingezeichnet wurden. Die Anzahl der Standorte solcher Buchenbüsche wird noch vermehrt werden, sobald erst die Fichtenwaldassoziationen des gesamten Isergebirges soziologisch vollständig bearbeitet und kartiert sein werden. Hierher

gehören die Untersuchungsstellen Flinsberger Hang, Hütte, Kreuzung, an der Iser und Moorwald.

7. Der hochstaudenreiche Buchenwald am Buchberg bei Klein-Iser als eine edaphisch bedingte Bucheninsel mitten im subalpinen Fichtenwald. Am gleichen Standort befinden sich der durch die Forstwirtschaft geschaffene Buchen-Fichtenmischwald am NO Hange und der Fichtenreinbestand am S Hange des gleichen Berges. Von den Buchbergbeständen habe ich den reinen Buchenwald und den Fichtenreinbestand untersucht.

Für die Gliederung der Fichtenwaldassoziationen ist daher die obere Grenze baumförmigen Buchenvorkommens die "wichtige Leitlinie" (Firbas 1929, S. 179). Sie wird bedingt durch Höhe, Morphologie und Klima der verschieden exponierten Hänge. Als ich zu Beginn meiner Untersuchungen die bereits genannten Untersuchungsstellen festgelegt hatte, war mir die Arbeit von F. Firbas noch unbekannt.

Drei verschiedene Aufgaben waren mir bei der eingehenden Durchwanderung des Gebietes wesentlich geworden:

1. Die soziologisch-ökologische Bearbeitung der für die betreffende Höhenlage typischen Normalbestände, soweit überhaupt ein Untersuchungsflecken für die Nachbarstellen typisch sein kann.
2. Die Untersuchung der Schluchtwälder, die eine eigene Untersuchungsmethodik erfordern (Wasseranalysen, Lysimetermessungen, Sickergeschwindigkeiten usw).
3. Die Sukzessionen der einzelnen Waldgesellschaften, für deren sorgfältige Ermittlung die Ökologie der betreffenden Gesellschaft (Meusel 1935), die eigentliche Bestandesgeschichte und eine mehrjährige Beobachtung der gleichen Untersuchungsstellen unerläßlich ist. Ich habe mich daher der ersten Frage zugewandt und nur für Teilfragen zum Vergleich die Schluchtwälder herangezogen.

Die Bedeutung der Forstwirtschaft für die Zusammensetzung der Fichtenforstassoziationen

Die Vegetationsdecke der hiebreifen Bestände der Hügel und Steilzone ist mosaikartig zusammengesetzt aus Pflanzensiedlungen, in denen meist Vaccinium myrt., Aira flex. oder Calamagrostis vil. vorherrschen. Die Kammzone beherrscht dagegen Calamagrostis in nahezu gleichmäßiger Verteilung. Durch die Eigenart der fortlaufenden forstwirtschaftlichen Eingriffe in den Baumbestand sind die Standortsbedingungen bis zum Abtrieb hin einer steten Veränderung unterworfen. Alle Einzelbestände bieten daher nur ein unvollständiges Bild der normalen charakteristischen Artenverbindung der übergeordneten Assoziationen, d.h. es sind meistens Assoziationsfragmente des Piceetum myrtilletosum.

Besonders in Waldbeständen hat die Sukzession der Bodenpflanzengesellschaften nicht nur den Charakter einer Folge, sondern den einer Entwicklung, deren innere Ordnung bisher noch nicht untersucht werden konnte. Mit zunehmendem Bestandesalter nimmt die Veränderung der Bodenpflanzengesellschaften ab und erreicht

kurz vor dem Abtrieb einen Zustand, in dem die Cajandersche Waldtypenlehre einen Weiser für die Bestandesgüte erblickt.

Kurz nach Festlegung der zu untersuchenden Bestände habe ich an mehreren Standorten 4 m große Vegetationsquadrate in die verschiedenen Siedlungen eines Bestandes gelegt, die sorgfältig von Wurzeln und Kriechtrieben der entfernten Vegetation befreit wurden. Die freie Fläche war von der Siedlung der entfernten Pflanzen noch völlig eingeschlossen. Die Flecken in der Calamagrostissiedlung wurden am schnellsten durch ihre Ausläufer wieder zurückerobert. Bei der Airasiedlung beteiligt sich außer Aira auch Calamagrostis an der Wiederbesiedlung des Bodens. Die Besiedlung der Myrtillusflecken scheint durch die Gräser zu erfolgen, zunächst durch Aira flex. Der Versuch ist leider noch nicht abgeschlossen. Dennoch glaube ich, gestützt auf Beobachtungen an Siedlungen von Polytrichum form., die nach einander durch Vaccinium myrt. und später durch Aira besetzt wurden, schließen zu können, daß Vaccinium myrt. befähigt ist, einen Standort länger zu besetzen als es seinem Optimum entspricht. Diese Abwehrkraft verdankt es nach der chemischen Beschaffenheit seiner Streu, dem dichten Wuchs und der überall vorhandenen Fichtenstreu. Die geschilderten Erscheinungen ergeben sich nur am Steilhang, während am S Hang und auf der Kammzone Calamagrostis durch seine bis 1 m weit sich hinziehende Ausläufer der Blaubeere sogar ihren Stammplatz am Fuß der Fichtenstämme abzunehmen vermag. Die große Konkurrenzfähigkeit von Calamagrostis ersieht man auch aus den hierhergehörenden Pflanzenlisten, wo es selten bei Hiebreife des Bestandes in einer Myrtillussiedlung fehlt. (Vergrasung der S Hänge.)

Die Verhältnisse gelten trotz der schroffen Gegensätze in der Vitalität der Blaubeersiedlungen an N und S Hängen. Am Nordhang wird die Pflanze selten über 25 cm groß, am S Hang und innerhalb der Kammzone erreicht sie häufig die doppelte Höhe. E. Frank 1927 führt den kräftigeren Habitus auf den höheren Grad der Bodensäure zurück. In der kleinen, gedrungenen Form sieht N. Domes 1936 die herabgesetzte Konkurrenzkraft. Den der Fichtenstreu entgegengesetzten Einfluß übt die Buchenstreu aus auf das Vorkommen der Blaubeeren. Man kann sich leicht davon überzeugen, daß selbst sehr vereinzelt stehende unterdrückte Buchen im Umkreis ihrer Laubstreuzone die Blaubeere niederhalten auch zu der Zeit, da die Bestandesverhältnisse ein Optimum für das Wachstum von Myrtillus darstellen. Diese Erscheinung wird von den Forstbeamten immer wieder berichtet. (Burger 1926, Kvapil u. Nemec 1925, Hilitzer 1934, Blankmeister 1936.)

Diese Beobachtungen sind nach A. K. Cajander 1913 auch unter ähnlichen Verhältnissen wiederzufinden, sie sind sogar charakteristisch für den Myrtillustyp. Durch die naturwidrige Kahlschlagwirtschaft wird der Baumbestand zu der Zeit abgetrieben, da der jährliche Holzzuwachs der Einzelstämme nicht mehr lohnend genug ist. Im Zeitpunkt der Bestandeshiebreife wurde bei dem bisherigen überplanmäßigen Einschlag im Isergebirge selbst von einem kleinen Teil der wertvollen Stämme die individuelle Hiebreife nicht erreicht.

Der Waldboden befindet sich am nördlichen Steilhang zur Abtriebszeit erst im zweiten Stadium der Besiedlung. Ein kurzes, wenig ausgeprägtes Moosstadium wird gefolgt durch die erste Ansiedlung einiger Vaccinium myrt. Flecken und einiger schütterer

Airasiedlungen. Wahrscheinlich nehmen auch in Fichtenreinbeständen nach jedem Abtrieb die Beerkräuter immer mehr Besitz von der Waldbodenfläche, wie es Dengler 1935 vom Kiefernwald aussagt. Diese Besiedlung muß als erste Aufbereitung aufgefaßt werden derjenigen Bestandesabfallmassen, die durch die unnatürlich hohe Stammzahl auf der Bodenfläche angesammelt wurden. Dem Fichtenreinbestand entspricht dabei die physikalisch und chemisch einheitliche Streuschicht. Nur unter stark gelichteten Beständen wird am N Hang noch ein drittes Stadium erreicht: die völlige Besiedlung durch Aira flex. und Aira caesp. unter geringer Anteilnahme standörtlich verschiedener Grasarten. Je höher man am Hang hinaufsteigt, um so langsamer folgen die verschiedenen Stadien und einen um so größeren Einfluß gewinnt Calamagrostis vil. bei zunehmender Lichtung der Bestände. An S Hängen der Kammzone tritt Calamagrostis kaum später auf als Aira. Die Blaubeere kann nur auf Stubbenhügeln, auf den Streuanhäufungen am Fuß der Stämme und an Hagerrändern ihren Platz für einige Zeit behaupten. Sobald die ersten stärkeren Durchforstungshiebe geführt sind, besetzt Calamagrostis die ganze Bodenoberfläche und duldet nur bis zum völligen Abtrieb einen schwachen Airaunterbau.

Von dem großen Farnreichtum, wie er aus früherer Zeit berichtet und auch von den älteren Förstern immer wieder hervorgehoben wird (vgl. Flurnamen: Lange Farbe, Farbenberg, Farbenlehne; Schwarz 1935) ist nur sehr wenig zu sehen. Abgesehen von wenigen kleinen Aspidium spin.-Exemplaren und von den Begleitern der Bachufer fand ich bei der Anlegung der Vegetationsquadrate besonders in höheren Lagen viele tote Farnstöcke in der Streuschicht.

Durch die Boden- und Humusuntersuchungen wird gezeigt, daß die in der kurzen Besiedlungszeit zur Herrschaft gelangenden Pflanzen Vaccinium myrt., Aira flex. und Calamagrostis vil. als gleichwertig aufzufassen sind in Bezug auf die Aziditätsverhältnisse, die Pufferung und den Zersetzungszustand des Humus, und zwar stehen sie alle in ihren Eigenschaften denen der unbesiedelten Streu sehr nahe. Aira flex. zeigt in Übereinstimmung mit der intensiveren Wurzelarbeit oft die günstigsten, Myrtillus die ungünstigsten Werte (Ramann 1911).

Eine Abweichung von diesem Schema findet man nur in den Bachschluchten und in den Beständen über lockerem Verwitterungsschutt am Steilhangfuß, also an Standorten, die durch das Überwiegen geomorphologischer und bodenmechanischer Faktoren beherrscht sind. Auf ähnlich feinerdereichen wenig podsolierten Bodenprofilen, wie sie am Steilhang zu finden sind, wird das gegebene Schema erst dort durchbrochen, wo die Buche einen größeren Anteil an der Baumschicht gewinnt (Sandberg). Endlich findet sich unter ganz besonderen Profilverhältnissen auf dem Kamm die sogenannte Höhenfazies des Oxylistyps (Blankmeister u. Merz 1929). Alle diese Standorte sind durch das stärkere Auftreten von Oxalis in dem frühsten Besiedlungsstadium ausgezeichnet, dem dann je nach Gunst der Bodenverhältnisse ein kreuterreiches zweites Stadium folgt unter Anteilnahme von Aira. Am Sandberg scheint die sich einfindende Bodenpflanzengesellschaft doch nicht unabhängig von der Zusammensetzung der Baumschicht zu sein.

Während für die klimatischen Verhältnisse des N Hanges Übereinstimmung mit dem Befund im Laubwald (Diels 1925) bestand, findet man hinsichtlich der Einwirkung der edaphischen Faktoren

auf die Zusammensetzung der Waldbodengesellschaften die Verhältnisse im Laubwald hier nur zum Teil bestätigt. Die größere Beweglichkeit der kleinen Bodenpartikel im locker durchwurzelten Laubwald (Buchberg Buchenbestand) fehlt im Fichtenreinbestand, da hier Pflanzenarten mit sehr dichten und festen Wurzelfilzen vorherrschen. Die Verwesung der organischen Bestandesabfälle wird durch Lichtmangel und durch das alleinige Vorhandensein einer stark sauren Nadelstreu aufgehalten und erschwert. Da aber das Gesamtbodengefüge durchaus geeignet ist, infolge der günstigen klimatischen Verhältnisse einen Mischwald mit guter Streuzersetzung zu tragen, findet man, sobald die Buche einen größeren Anteil an der Bestandeszusammensetzung gewinnt, ähnliche Verhältnisse, wie sie für den Laubwald geschildert wurden.

Diese Beziehung zwischen bestimmten Bodenverhältnissen und der sich einfindenden Bodendecke haben dazu geführt, daß Cajander Fichtenwaldtypen in den deutschen Mittelgebirgen aufgestellt hat (Cajander 1913). Die Anwendung dieser waldbaulich wertvollen Waldtypen zur Standortsbonitierung ist aber bei dem Anstieg im Gebirge auf Schwierigkeiten gestoßen (Cajander 1922, S. 70, Blankmeister u. Merz 1929, Kötz 1929), da die finnischen Waldtypen nicht ohne weiteres auf deutsche Mittelgebirgsverhältnisse übertragbar sind. Die durch menschliche Kulturmaßnahmen zum Teil wenig gestörten kontinuierlichen finnischen Waldbestände stocken auf einem geomorphologisch und klimatisch einförmigen Gebiet (Hilitzer 1934), so daß hier der Kampf ums Dasein zu reinen Beständen führen muß (Cajander 1913). Sobald man aber z.B. den nördlichen Steilhang des Hohen Iserkammes durch zahlreiche Bodenbohrungen erkundet, findet man neben großer geomorphologischer Mannigfaltigkeit und sehr verschiedenen Mikroklimaten eine überaus verschiedene Profilausbildung, die alle Übergänge aufweist, vom groben Bachschotter bis zum sandigen Lehm. Daraus ergeben sich stark verschiedene Bodenfeuchtigkeits- und Bodenluftverhältnisse. Daher finden sich gerade am Hangfuß, der je nach Neigung verschieden weit am Hang hinaufreicht, dem gemischten Baumbestand entsprechend sehr verschieden günstige Boden- und Klimaverhältnisse. Das bedeutet ökologisch, daß auch heute hier noch der durch die Pollenanalyse für diese Zone nachgewiesene Buchen-Tannen-Fichtenmischwald standortsgemäß ist. Die Mischholzarten werden auch von Cajander für alle ähnlichen Verhältnisse mit geringen Anteilprozenten angeführt. Da aber die Fichte hinsichtlich der Zusammensetzung des Baumbestandes weit überwiegt, wird durch den einheitlichen Streucharakter (Humusuntersuchungen) der ökologisch mannigfaltigste Standort dem ökologisch gleichförmigen Standort angeglichen. Dennoch weisen eine bestimmte Anzahl von Pflanzen, die für die besseren Waldtypen charakteristisch sind, auf die wahre Standortsgüte hin. Der Grund dafür liegt einerseits an der Güte des Bodens und des Klimas, andererseits darin, daß noch immer wenige Tannen und Buchen vorhanden sind und daß überhaupt erst relativ kurze Zeit vergangen ist, seitdem Fichtenreinanbau und Kahlschlagwirtschaft den Boden eilig zur Erreichung des Reifestadiums führen. Ob aber in dieser Zone unter den jetzt angelegten Fichtenschonungen bei erreichtem Haubarkeitsalter sich noch ein Oxalistyp einfinden wird, ist mindestens fraglich, da nach den Humusuntersuchungen im Fichtenreinbestand (Queis) bei ähnlichen Niederschlagsverhältnissen die Humusfeuchtigkeitsverhältnisse ungünstiger sind als im Buchen-Fichtenmischwald (von Keudell 1936). Verglichen mit den wenig eingehenden Beschreibungen von J. T. C. Ratzeburg 1842, H. Neugebauer 1893, F. Brieger 1921 scheinen

sich die gleichen Standorte bereits auf dem Abstieg zu befinden vom Oxalis- zum Myrtillustyp. Ein Experiment nach dieser Richtung ist noch nicht gemacht worden, ich glaube aber annehmen zu müssen, daß die jetzt erkennbaren Waldtypen nicht unveränderlich sind, da in den Fichtenforsten die Baumschicht sich nicht im normalen Zustand befindet.

Der ungünstige Einfluß der Kahlschlagwirtschaft auf die Holzartenzusammensetzung wird jetzt auch von Kahlschlagfreunden zugegeben. Seit Ratzeburg 1842, Göppert 1868 und Dengler 1935 ist es bekannt, daß auch in den Sudetenwäldern die Buche und besonders die Tanne nach dem Kahlschlag schwer wieder in den Bestand einzubringen sind. Am Kahlschlag wird dennoch festgehalten: erstens wegen der Billigkeit und Bequemlichkeit der primitiven Wirtschaftsform, zweitens der Forderungen der Industrie wegen, drittens wegen der Ansicht einiger Forstbeamten, daß die im Bestandesleben angehäuften Humusmassen nur durch den Kahlschlag als einen kräftigen Anreiz zur Humuszersetzung wieder in den Stoffkreislauf eingereiht werden können (Wittich 1932, Blankmeister 1931). Die Grasflora braucht nach Blankmeister 1931 zur Beseitigung der Humusauflage 7 bis 10 Jahre. Daß gleichzeitig eine Vernässung und Verdichtung des Bodens eintritt, hat schon Ratzeburg 1842 und Wollny (Ramann 1911, S. 456) beobachtet. Wenn aber die jetzt erkennbaren Waldtypen unter Fichtenreinbeständen von den natürlichen Waldtypen abweichen, so daß sie nur mit Hilfe gewagter Sukzessionskonstruktionen zu einer Entwicklungsreihe zusammengebracht werden können, kann man allgemein nicht mehr von der Unveränderlichkeit des Waldtyps sprechen. Vielmehr ist der Waldtyp gleichsam die Quittung (von Gaisberg u. Schmid 1933) der Bodenpflanzengesellschaft auf die forstlich-waldbaulichen Maßnahmen und insofern ein Bonitätsweiser, der der Standortsabwertung voraneilt, als er die Differenz aufzuzeigen vermag zwischen der nach Boden und Klima zu erwartenden Waldesleistung und der durch Reinbestand und Kahlschlag bedingten Bestandesleistung (Burger 1926). Es ist daher im Hinblick auf die lange Erhaltung der potentiellen Bodenkraft zum mindesten gefährlich, nur von der Seite des Stickstoffumlaufes her (Wittich 1932, Hesselmann 1925) oder von bakteriologischen Untersuchungen her (Feher 1932) das Kahlschlagproblem zu beurteilen. Vielmehr erscheint es mir nötig, durch Schlämmanalysen nach verschiedener Vorbehandlung (siehe dort), durch häufig wiederholte Aziditätsbestimmungen und durch Erforschen des Bodensorptionskomplexes im Anschluß an die jahreszeitlichen Bodenfeuchtigkeitsextreme die Vorgänge im und außer dem Bestande im Boden an vergleichbaren Standorten zu verfolgen. Dabei ist nötig, den Durchschwemmungs- und Abschwemmungserfolg zu erfassen (vgl. Austauschazidität). Endlich kommt die vielbetonte, schnelle Humuszersetzung dem Bestandesboden zu einer Zeit zugute, wo die Baumschicht unfähig ist, die gelösten Nährstoffe zu verwerten, oder sie führt zur Bildung großer Jahrringbreiten, die nach Vorreiter 1937 für wind- und schneebruchgefährdete Lagen das Gegenteil der erstrebten Jungwuchserziehung darstellen. Daß unter ähnlichen Verhältnissen (Steilhang) auch ohne Kahlschlag gesunde Waldbestände auf gesunden Böden erzielt und erhalten werden können, ist durch Burger 1926, Domin 1932, Graser 1935 praktisch bewiesen.

Soll überhaupt nach Vegetationstypen ein Gebirgswald bonitiert werden, so wird der russische Bestandestyp besonders bei zyklischer Vegetationszonengliederung unter eingehender Beachtung der Bodenpflanzengesellschaften mit mehr Erfolg angewandt werden

als die finnischen Waldtypen, da die äußeren, ökologischen Standortsgrößen (Klima, Boden und alle von der Pflanze und vom Menschen ausgehenden Einflüsse) den inneren ökologischen Ansprüchen der Holzarten hierbei entgegengestellt werden. Denn nach von Kruedener 1927 ist nur diejenige Bonität begreiflich, welche durch die Charakteristik der Standortsbedingungen individualisiert wird. Dabei wird man auch nach Wiederherstellung naturähnlicher Waldbestände ähnlich F. K. Hartmann 1928 nur Bestandestypen des Wirtschaftswaldes aufstellen können.

Ein großer Teil der heute dem Piceetum myrtilletosum zuzuzählenden Assoziationsfragmente ist daher nur als atypische Sukzessionsstadien zu einer anderen Assoziation hin aufzufassen, der vielleicht bei mehr standortsgemäßer Waldzusammensetzung eher dem Piceetum normale ähnlich wäre. Dann kann man im Isergebirge auch nicht von Fichtenwaldassoziationen reden, sondern man muß nach L. Jost 1936 von Fichten f o r s t - Assoziationen sprechen. Und die Bodenpflanzengesellschaften der hiebreifen Fichtenforstbestände des Isergebirges sind im Hinblick auf die relativ günstigen Klima- und Bodenverhältnisse nur vorläufig dem Piceetum myrtilletosum einzuordnen. Daher ist auch die ökologische Charakterisierung der Assoziationsfragmente neben der soziologischen Aufnahme der Untersuchungsstellen unerläßlich als Basis für eine später durchzuführende sorgfältigere pflanzensoziologische Erforschung und Kartierung des Gesamtgebiets.

Die Assoziationsaufnahmen der einzelnen Untersuchungsstellen

In Anbetracht der monatlich wiederholten Grabungen und der fortlaufenden Untersuchung der Bodenproben mußte die Anzahl der untersuchten Orte beschränkt werden. Darum fallen vernaßte, quellige und sehr trockene Teile des Bestandes auch für die soziologische Untersuchung weg. Dagegen sind für die Untersuchung der Humusproben möglichst alle wesentlichen Assoziationskomponenten zur Untersuchung herangezogen worden ohne Rücksicht auf die Sonderlagen. Die Untersuchungsstellen der Assoziationsfragmente liegen mit Ausnahme von Rabishau stets im Bestandesinnern an einer möglichst eben ausgeformten Bodenstelle. Die Bodeneinschläge wurden im Bereich der untersuchten Siedlungsflecken niedergebracht und während eines Jahres in Abständen von etwa 1 Monat untersucht. Zu einer eingehenden soziologischen Auswertung der Pflanzenlisten reicht in Anbetracht der Größe des bearbeiteten Gebiets die verhältnismäßig geringe Anzahl der Aufnahmen nicht aus. In mehreren mosaikartig gemischten Siedlungsflecken der herrschenden Assoziationskomponenten wurden meist 16 qm große Flächen untersucht, nach der von J. Braun-Blanquet 1928 vorgeschlagenen Gesamtschätzungsskala. Die Teillisten wurden zu der angegebenen Gesamtliste vereinigt (Tab. 5 und 6). Die einzelnen Pflanzenlisten der von den verschiedenen vorherrschenden Fichtenwaldpflanzen beherrschten Flecke werden getrennt angeführt.

Die Untersuchungsstelle R a b i s h a u liegt unweit der berühmt gewordenen Lärchennaturverjüngung. Das Grundgestein ist Gneis. (Alle Angaben über die geologische Unterlage der einzelnen Untersuchungsstellen wurden nach der von G. Berg 1922 bis 1926 gezeichneten geologischen Karte gemacht.) Die Fichtenwaldbestände bleiben hier fast bis zur Hiebreife so dicht geschlossen, daß häufig das moosreiche Sukzessionsstadium mit vorherrschenden Dicranum

scop. und Hylocomium splend. nur wenig überschritten wird. Angesichts der geringen Niederschlagsmenge und der hohen Luftwärme während der Vegetationszeit bilden sich mächtige Trockentorfauflagen aus, die im Stangenholzalter bis 30 cm Höhe erreichen können. In der Dürreperiode 1934 vertrockneten in lichten Altholzbeständen Oxalis acet.-Siedlungen, solange sie nicht von der auf Lücke sich einfindenden Strauchschicht geschützt wurden. Die Bodenproben aus dem Humushorizont und aus der darunter liegenden Mineralbodenschicht zeigten in dieser Zeit sehr hohe Benetzungswiderstände. Besonders am Südrand der Bestände bilden sich Hagerstellen aus, die von Vaccinium myrt. und teilweise später von Calluna vulg. besiedelt werden. Daran schließt sich waldeinwärts eine erstaunlich einheitliche Aira flex.-Matte, die nur an Stellen alter Trockentorfanhäufungen von Blaubeeren unterbrochen wird. Dagegen zeigte ein Ostrand desselben Altholzes unweit der als Naturdenkmal geschützten Buche eine weit reichere Bodenflora, die der von F. Firbas 1929 für diese Region angeführten Pflanzenliste nahe steht. (Vgl. Tab. 5, Spalte 31 bis 34.)

Die Untersuchungsstelle am S a n d b e r g . Eine besondere Stufe der Buchen-Fichtenmischwälder gibt es am deutschen N Abhang des Isergebirges heute nicht mehr. Nur einige wenige Stellen fleckweise stark wechselnder Beimischung von Buchen sind in den Fichtenforsten zu finden. Von den in der Literatur (F. Brieger 1921 u.a.) erwähnten Buchen-Fichtenmischwäldern an der Ludwigsbaude ist wenig übrig geblieben. Am Ostabhang des Kemnitzkammes zeugen nur noch einige zerzauste Buchenüberhälter von der durch Kahlschlag vernichteten Waldschönheit. Nur am Südhang des Kemnitzkammes und am Zackenkamm findet man Buchen meist in geringem Verhältnis untergemischt. Dagegen zeugen eine Reihe starker Buchenstubben, z.B. am "Hainchen" über Flasergneis gegenüber dem Hochstein, von der früheren Beteiligung der Buche am Waldaufbau. Die Flora erinnert hier an die Bodenpflanzengesellschaften des Mittagsberges bei Haindorf (Firbas 1929).

Die untersuchten Standorte liegen in einem Bestandesteil am Ostabhang des Sandberges mit vorherrschender Oxalisdecke über Quarzglimmer-diorit. Derselbe Berg trägt auf seiner Höhe über einem Quarzgang, der eine verkieselte von vielen Quarztrümmern durchzogene Zermalmungsmasse im Gneis darstellt, eine myrtillusreiche Bodendecke, die aus bodenkundlichen Gründen mit untersucht wurde. Im oxalisreichen Bestandesteil herrscht die Buche vor, während auf der Höhe ein Fichtenreinbestand steht. Nur hier unter dem Einflußbereich der Buchenstreu und im Buchenbestand des Buchberges bei Klein-Iser wurden Regenwürmer beobachtet. (E. Ramann 1911.) Beide Bestände besitzen noch einen dichten Kronenschluß, der das Fortschreiten der Bodenpflanzengesellschaften nach der zugehörigen Sukzessionsreihe hemmt. Von SO und NW wird auch dieser Bestand bereits abgetrieben. Von S her wandert Aira in das Bestandesinnere ein. (Vgl Tab. 5, Spalte 29 bis 30.)

Der untersuchte Forstbestand am N Hangfuß des Hohen Iserkammes gegenüber der L u d w i g s b a u d e ist überaus buchenarm, auch er wurde 1933 zum Teil kahl abgetrieben. Der große Anteil der vegetationslosen Streuflecken hier und am Sandberg läßt die vorgefundenen Bodenpflanzengesellschaften als eins der ersten Besiedlungsstadien im Sukzessionsablauf erkennen. Die Tanne bleibt an beiden Standorten wegen ihrer Seltenheit ohne Einfluß. Dieser Bestand steht auf einer mächtigen Steinschutthalde mit deutlicher Lehmbeimischung. (Tab. 5, Spalte 21 bis 24.)

Die schönsten Althölzer an der oberen Hangmitte des N Abhanges des Hohen Iserkammes findet man im Q u e i s revier über Augengneis. Die Buche ist noch seltener geworden und die Tanne fehlt schon ganz, dagegen sind da und dort angepflanzte Lärchen im Bestand. Die Bodenpflanzengesellschaft wird noch von der Blaubeere beherrscht, doch kann man an lichteren Stellen normaler Bodenausformung schon das Einwandern von Aira flex. in die Myrtillussiedlungen beobachten. Auf Lücken oder Blößen verschwindet die Blaubeere fast völlig, dagegen decken nun Aira flex. und zum Teil Aira ceesp. den Boden. Unweit der Grabestelle wurde der Wurzelboden einiger Pflanzen der Bachufer-Assiziationen bei den Humusuntersuchungen mit berücksichtigt, deren Bestandesliste daher angeführt wird. Sie erinnert stark an die von Firbas beschriebenen Schluchtwälder, die auch am N Hang des Hohen Iserkammes wegen ihres günstigen Bodenprofils die Standorte des häufigeren Vorkommens von Buchen und Tannen sind. (Vgl. Tab. 5, Spalte 17 bis 20.)

Auf den Schlagflächen am nördlichen Hangfuß des Hohen Iserkammes findet sich neben der stets in großer Menge vorhandenen Himbeere auch sehr häufig viel Sorbus aucup., das nach F. Firbas 1928 für schattige Lagen charakteristisch ist. Gegen die obere Hanghälfte hin tritt Rubus id. immer mehr zurück, während die jungen Ebereschenpflanzen die älteren Fichtenschonungen unübersehbar machen (besonders Revier Hernsdorf). Auf der Kammhöhe findet man aber kaum hiebreife Bestände, in denen Sorbus aucup. einen nennenswerten Anteil an der Zusammensetzung der Baumschicht nimmt. Nur an der von mir als F l i n s b e r g e r H a n g benannten Untersuchungsstelle befindet sich ein alter Fichtenbestand mit ausgewachsenen Ebereschen, die 20 % des Baumbestandes ausmachen. Das Grundgestein ist ein grober, mittelkörniger granitischer Gneis. Der benachbarte Hang der grünen Koppe trägt ein Fichtenstangenholz mit noch stärkerer Ebereschenbeimischung. (H. Meyer 1937.)

Beim Durchschreiten des als Bannwald geschonten kleinen urwaldartigen Bestandes fällt vor allen Dingen auf, daß die Eberesche meistens dicht neben der Fichte wurzelt und ihren Stamm schräg aufwärts wachsend in die nächsten Kronenlücken hineinschiebt, um dort ihre Krone zu entfalten. Diese schiefe Stammstellung ist der Anlaß, daß im Winter bei einer durchschnittlichen Schneedecke im Bestand von 120 bis 150 cm fast alle Ebereschenkronen zur Erde gebogen werden. Dadurch wird jedes Jahr die Anzahl der lebenden alten Ebereschenstämme verringert. Dem Schneebruch und der forstlichen Bestandespflege ist wahrscheinlich das Fehlen baumförmiger Ebereschen oberhalb der Grenze baumförmigen Buchenvorkommens in dieser Zone zuzuschreiben. Vergeblich habe ich mich bemüht, von den Forstbeamten Aufschluß zu bekommen, wie dieser Fichten-Ebereschenwald entstanden ist. Man könnte versucht sein, zu glauben, daß im Stangenholzalter die Eberesche ganz unterdrückt worden sei, daß sie erst später bei eintretender Lichtung des erwachsenen Fichtenbestandes sich aus jungen Bodenpflanzen zu den jetzigen Stämmen entwickelt hat. Dafür könnte auch die Auszählung junger Ebereschenpflanzen in den verschiedenen Pflanzensiedlungen und auf der Streudecke bei der floristischen Assoziationsaufnahme angeführt werden. Durch diese Auszählungen ergab sich, daß bei dem untersuchten Waldteil die Anzahl der vorgefundenen Ebereschenpflanzen bei gleicher Flächengröße mit dem Fortschreiten der Sukzessionsreihe vom Streuflecken zur Calamagrostissiedlung abnimmt. Es wurden im Durchschnitt auf gleich großen Siedlungsflecken beobachtet: auf Streuflecken 3 bis 4, in Airasiedlungen 4 bis 9 Ebereschenkeimlinge,

dagegen in Calamagrostissiedlungen äußerst selten ein kümmerndes Exemplar. Im hiebreifen Bestand habe ich nie etwa in die Strauchschicht hineinreichende Ebereschen gefunden. Da die Fichtenstämme an dieser Stelle kaum höher als 8 bis 12 m werden, da ferner in dem benachbarten Stangenholzbestand die Eberesche nicht unterdrückt wird, dürfte anzunehmen sein, daß die Ebereschen und Fichten gleich alt sind, d.h. daß der vorgefundene Bestand dem Standort entspricht. Eine Altersbestimmung eines der bis 30 cm starken Ebereschenstämme habe ich nicht vorgenommen, um diesen seltenen Urbestand nicht zu schädigen. R. Göppert 1868 gibt vom Fromberg bei Landeck eine ähnliche Schilderung. Vergleichsweise besuchte Kammbestände im böhmischen Teil der Kammzone haben mich zu der Überzeugung gebracht, daß für das Gebiet oberhalb der Linie baumförmigen Buchenvorkommens eine stärkere Teilnahme der Eberesche an der Bildung des Baumbestandes natürlich ist. Daher kann ich im Gegensatz zu K. Rubner 1932 für das Isergebirge nur den s t e t s mit Ebereschen gemischten subalpinen Fichtenwald als standortsgemäß ansehen. Da auch an S Hängen zum Teil eine stärkere Ebereschenbeimischung anzutreffen ist, halte ich die Sorbus aucup.-armen Fichtenforstbestände des S Abhanges des Hohen Iserkammes für durch die Kahlschlagwirtschaft verarmte Bestände. Ob der geschilderte Urbestand einen Klimaxwald darstellt, wage ich nicht zu beantworten. Obgleich nach H. Walter 1932 geringe Geländeneigung und hohe Bodenfeuchtigkeit hier dazu beitragen könnten, einen Klimaxwald entstehen zu lassen, so widerspricht eine Schlußformation dem inneren Waldwesen, wenn man bedenkt, daß eine Umtriebszeit die zu Grunde liegende Zeiteinheit dafür bildet. Außerdem ist jeder Bestand neben dem Klima noch von einer langen Reihe anderer Bedingungen abhängig. Nach M. Selke 1935 entspricht dem Klimaxwald durchaus nicht ein Bodenklimax, da die Bodenbildung unter Waldbeständen dauernd fortschreitet.

Im großen und ganzen beherrscht am Flinsberger Hang Aira flex. den Boden. Mit zunehmender Höhe nimmt auch die Verbreitung von Pflanzen mit schmalen linealen Blättern zu, worin man vielleicht mit B. Huber 1936 eine w ä r m e ökologische, weniger eine wasserökologische Anpassung an den Standort zu sehen hat. Auf der Kammhöhe erfolgt der Übergang von der durch Aira beherrschten Pflanzengesellschaft des N Hanges zu den durch Calamagrostis beherrschten S Hängen. Dieser Übergang erfolgt über eine Luzula silv.-reiche Airadecke, die nach P. Svoboda 1935 für Lagen charakteristisch ist, die lange mit Schnee bedeckt sind. Die Pflanzenlisten des Flinsberger Hanges sind in Tab. 5, Spalte 3 bis 4 angegeben.

Im schroffsten Gegensatz zum N Hang verschwindet in hiebreifen Beständen bei gleichem Grundgestein an der H ü t t e die mosaikartige Zusammensetzung der Bodenpflanzengesellschaft durch die 3 verschiedenen, herrschenden Bodendecken (Myrtillus, Aira, Calamagrostis). Dafür erobert Calamagrostis vil. schon bald nach der ersten Durchforstung die aufgelichteten Bestände. Aira kann sich nur im Baumschatten halten und Myrtillus ist auf dem Bestandesrand und auf die durch reichliche Nadelschüttung besonders starken Humuslagen am Fuß der Fichtenstämme beschränkt. Mit zunehmender Lichtung besiedelt Calamagrostis dank seiner regen vegetativen Ausbreitung (Kriechtriebe) die gesamte Bodenoberfläche. Die Stellung der Grasbüschel im Bestand bleibt allerdings so locker, daß außer Vaccinium myrt. sämtliche Assoziationskomponenten in der Calamagrostissiedlung bei genügender Feuchtigkeit und einem lockeren

Baumschirm nicht allein lebensfähig, sondern auch zur Fruchtbildung befähigt sind. Wie am Flinsberger Hang werden auch hier die vorgefundenen jungen Ebereschenpflanzen ausgezählt: ich fand im Durchschnitt auf Streuflecken 1 bis 2, in Airasiedlungen 3 bis 6 Keimlinge, in Calamagrostissiedlungen konnte ich keine junge Eberesche feststellen. Die Besiedlung der Blockhalden des Kammrückens erfolgt so langsam, daß hier in den mit Krustenflechten bedeckten "Blausteinen" mit einem dürftigen Knieholzrest ein letztes Stück der früher größer und häufigeren Blockmeere des Isergebirges erhalten ist.

Nach den angestellten Beobachtungen an der eben beschriebenen Untersuchungsstelle möchte ich im Gegensatz zu C. Mayer 1935 das Vorherrschen des grasreichen Fichtenwaldtyps an SO und SW Hängen der Kammzone nicht allein auf die größere (meist extreme) Wärme zurückführen, vielmehr auch auf die günstige Lage zum Lichteinfall. Calamagrostis siegt im Konkurrenzkampf hier über die sich zuerst einfindenden Blaubeersiedlungen dank der Kahlschlagwirtschaft (Entwiclung von Grasmatten) und der frühen Hochdurchforstung (Windwurf) infolge seiner regen Kriechtriebbildung unter günstigen Feuchtigkeits- und Lichtverhältnissen. Die Folge der Sukzessionsstufen ist hier deutlich zugunsten des Waldreitgrases verkürzt. (Vgl. Tab. 5, Spalte 1 bis 2.)

Die Meßstelle K r e u z u n g liegt über Granit mit phorphyrischen Feldspäten. Sorbus aucup. tritt am flachen S Hang schon als Bodenpflanze weit seltener auf und verschwindet, sobald Calamagrostis durch die Auflichtung der Bestände größeren Einfluß gewinnt. Wiederholt habe ich hier junge Fichten- und Ebereschenpflanzen in Airasiedlungen beobachtet, die neben flachstreichenden auch in die Tiefe dringende Wurzeln besaßen. In der dichtfilzigen Calamagrostissiedlung habe ich nie eine junge Baumpflanze gefunden, deren Wurzel in die oberste Mineralbodenschicht eingedrungen war. Die Bedeutung des Wurzelfilzes des Waldreitgrases wurde von E. Ramann und G. Morosow 1928 schon eingehend dargelegt. Für diejenigen Stellen, an denen sich natürliche Fichtenverjüngungen eingefunden hatten, kann man daher annehmen, daß die jungen Baumpflanzen die oberste Mineralbodenschicht erreicht hatten, ehe Calamagrostis den Standort besetzen konnte. Besonders bei SW und S Expositionen findet man bei jungen Schonungsfichten nach der Pflanzung, daß sie 2 bis 4 Jahre hindurch Dürre-Wuchsstockungen zeigen, die offenbar bei den Anflugfichten fehlen oder durch den vorhandenen Kronenschirm nur abgeschwächt auf treten. Die Grabestelle an der Kreuzung liegt in halber Hanghöhe in einer Calamagrostissiedlung, der der Artenreichtum der Kammzone fehlt. Bisher wurden die calamagrostisreichen Fichtenforstassoziationsfragmente dem Piceetum myrtilletosum als Höhenfazies zugezählt. (Vgl. Tab. 5, Spalte 6 bis 8.)

Zum Vergleich wurde im Revier Iser Jagen 11 hinter der Schule von Groß-Iser in unregelmäßigen Abständen im B l a u b e e r - w a l d ein Profil gegraben. Dieser Wald steht unter dem Einfluß steter Viehweide. Der Boden des Bestandesinneren ist durch die Beweidung sehr dicht zusammengetreten. Die Gesteinsunterlage bildet Granit mit porphyrischen Feldspäten wie bei der Kreuzung. Verschieden breite Viehstege führen zwischen Stubbenhügeln hindurch, die dicht mit Vaccinium myrt. und Vaccinium Vitis id. besetzt sind; die Gräser fehlen fast ganz, weil sie stets verbissen werden. Die Zusammensetzung der Bodenpflanzengesellschaft entspricht etwa der Pflanzenliste Tab. 5, Spalte 13 bis 14.

Durch ein sandiges Kiesprofil und parkartig aufgelöste Bestandesgruppen nehmen die häufig als Urwälder bezeichneten Iseruferwaldbestände an d e r I s e r eine Sonderstellung ein. Bei dem geringen Gefälle des Iserbettes vom Strittstück (830 m) bis zur Kobelwiese (823 m) hat die Iser ihr Bett oft geändert. Die vielen Zuflüsse von den Hängen bringen bei den häufigen Regenfällen viel Gesteinsschutt mit, so daß man längs der Iserufer bald mächtige Sand- und Kiesbänke, bald angenagte Hochmoorteile findet.

Die Besiedlung dieser Kiesbänke hat F. Brieger 1921 eingehend geschildert, so daß ich nur bezüglich der Ansiedlung der Fichte einige Bemerkungen hinzufügen möchte. Sobald Juniperus interm. die Kiesbänke besiedelt hat, ist das Aufkommen der Fichte möglich. Der lockere Sandboden gewinnt durch den Wacholder erst den nötigen Halt, die Bodendecke wird durch den widerstandsfähigen Strauch vor Eisgangschäden bewahrt. Im Februar 1933 wirkten die Wacholderbüsche wie eine Eisreuse. Die Juniperussiedlungen bilden mehr oder weniger große rundliche Horste, an deren Peripherie auch Humus angesammelt wird, der der jungen Fichte die Ansiedlung ermöglicht. Dieser Vorgang ist gegenwärtig auf der sogenannten zweiten Ebene zu beobachten. Sobald die Fichten herangewachsen sind, findet man einzelne oder zu einer 8 vereinigte Fichtenkränze, die die allmählich absterbenden Wacholderbüsche umgeben. Ein typisches Beispiel dieses Zustandes findet man an der Stelle, an der die "Große Iser" in den Flurbereich von Groß-Iser eintritt. Das Innere des jüngeren Kranzes ist noch heute von einem unterdrückten lockeren Juniperusgebüsch bestanden, unter dem Vaccinium myrt. den Boden deckt. Der ältere Kranz der schöngeformten 8 besaß nur noch einen einzigen eingegangenen alten Juniperusstamm. Diesen Stamm habe ich zur Altersbestimmung entnommen. An der Stammscheibe 20 cm über dem Erdboden konnte ich 45 Jahresringe unterscheiden. Da das Innere der Stammscheibe hohl war, ist es gut möglich, daß das spazierstockdicke Stämmchen vielleicht 90 Jahre alt ist. Dieses Alter überragt das Alter der umgebenden Fichten um wenige Jahre. Da ich nie bei den verschiedenen Fichtenkränzen ältere Stubben gefunden habe, glaube ich annehmen zu dürfen, daß die den Ring bildenden Fichten die ersten an dieser Stelle sind. In dem älteren Fichtenkranz habe ich die Temperaturmessungen und die Bodengrabungen ausgeführt. Der Boden war an der Grabestelle von einer lichten, aber einheitlichen Aira flex.-Decke überzogen. Diese überaus artenarme Assoziation wurde nicht wiedergegeben.

Unter den auf Hochmoor stehenden Fichtenwäldern wurde der Bestand westlich von Schwedlers Plan zur Untersuchung herangezogen, da er seit längerer Zeit entwässert wird und sich deshalb besser untersuchen läßt. Die Pflanzendecke ist im Bereich der Untersuchungsstelle durch die Entwässerung verarmt worden. Die beiden Gräser und Dicranum scop. bilden mit einigen Carexhorsten die Vegetationsdecke des noch immer triefendnassen Moorbodens. Die dürre Zeit 1934 änderte die Wasserverhältnisse dieses M o o r w a l d e s so bedeutend, daß sich bis 50 cm tiefe, handbreite Eintrocknungsspalten besonders im Einflußbereich der Fichtenwurzeln bilden konnten. Dennoch war auch in dieser Zeit das sich träge bewegende Sickerwasser an der Grenze von Torf und Bleicherde leicht zu beobachten. Die Zusammensetzung der Assoziation ist aus Tab. 5, Spalte 15 bis 16 zu ersehen.

Neben dem Sand und Moorboden war als abweichende Bodenart ferner der Basaltboden des Buchbergs ökologisch von Interesse. Trotzdem der alleinstehende Gipfel 1000 m hoch ist, bildet seine

Pflanzendecke eine liebliche Insel in dem düsteren einförmigen Fichtenmeer der flachen Kämme und Mulden des Isergebirges. Er steht als einziger Abgesandter der Menge basaltischer Kuppen und Spitzberge des Isergebirgsvorlandes mitten unter den mineralogisch gleichartigen Kämmen. Daher ist der **Buchenbestand des Buchberges** schon aus frühster Zeit in vielen Urkunden erwähnt worden (A. Sedlazeck 1595). Heute wird nur noch im Osten etwa 1/4 der Bergoberfläche von einem noch nicht ausgewachsenen Buchenbestande bedeckt. Da von der unteren Hälfte dieses Buchenhanges her ein Basaltwerk eine immer weiter greifende Lücke in den Buchenwald schlägt, wird auch der artenreiche Buchenbestand, der hart an der oberen Basaltbruchwand beginnt, etwa 30 bis 40 m weit hinein in den Bestand immer trockener und artenärmer. Der Rest des Berges ist mit verschieden alten Fichtenbeständen bedeckt. Wie ein Übergangsgebilde vom Buchenwald zum Fichtenwald erstreckt sich unterhalb des alten Steinbruchweges bis zur kleinen Iser herab ein Buchen-Fichtenmischwald, dessen Bodenpflanzengesellschaft teilweise der des reinen Fichtenbestandes gleich ist. Bergaufwärts am gleichen Hang ist der größte Teil der ursprünglichen Buchenwaldbodenvegetation in demselben Mischwald noch erhalten.

Am SO Hang schließt sich seitlich an den Buchenwald ein schmaler Fichtenaltbestand an, der vielleicht von der ersten Bepflanzung des Berges mit Fichten herrührt. Weiter nach Süden hin folgt ein etwa 80 jähriger Fichtenreinbestand. Im Hinblick auf die Ausformung des Bodenprofils wurde neben dem letztgenannten Fichtenreinbestand eine Profilserie des Buchenreinbestandes untersucht. Der Buchen-Fichtenmischwald am NO Hang stockt in seinen oberen Teilen auf einer überaus feinerdearmen Blockhalde. Die Bodenprofile lassen sich hier nicht untersuchen. Die unteren Teile dieses Mischwaldes sind dagegen mit dem Buchenreinbestand nicht zu vergleichen. Daher wurde der 80 jährige Fichtenreinbestand soziologisch und floristisch untersucht.

Durch die Art der verschiedenen Wasserbewegung in dem Basaltboden bestehen in allen Beständen bestimmte Unterschiede zwischen Assoziationsfragmenten der quelligen und der normal entwickelten Hangfläche. Da die Assoziationen der Fichtenreinbestände nur eine Auswahl aus dem Artenreichtum des hochstaudenreichen Buchenwaldes darstellen, sind ihnen zwei verschiedene Aufnahmen aus dem Buchenwald vorangestellt. Das Buchenwaldprofil wurde in die Untersuchung einbezogen, da die Verhältnisse des Bodenprofils unter dem Fichtenreinbestand erst im Gegensatz zu den Bodenverhältnissen des standortgemäßen Buchenwaldes wertvoll werden. Die Assoziationen beider Bestände sind in der Tab. 6 angegeben.

Die Fichtenwaldbestände des böhmischen Teiles der Kamm- und Steilzone und die Bestände am Kemnitz- und Zackenkamm wachsen wahrscheinlich unter ähnlichen ökologischen Bedingungen, wie an den bisher angegebenen Standorten. Daher habe ich wegen der großen Entfernungen im Gebiet und der Notwendigkeit, sämtliche Wege zu Fuß oder mit den Schneeschuhen zurückzulegen, darauf verzichtet, weitere Untersuchungsstellen heranzuziehen. Nur von den am **Hemmrich** liegenden Buchenbeständen auf Granitboden wurde regelmäßig eine Stelle untersucht als Gegenstück zu dem Buchenfichtenmischwaldflecken gleicher Höhenlage auf der deutschen Seite. Der ausgewachsene Buchenreinbestand mit geringer Ahornbeimischung am südöstlichen Hangfuß des Hemmrich, in dessen Assoziationsfragment die Untersuchungsstelle liegt, gehört der von Firbas beschriebene Stufe waldschmielenreicher Buchenwälder an. Die un-

tersuchte Bodengesellschaft ist dem feuchten Standort entsprechend eine Insel anspruchsvoller Buchenbegleiter. Wenige Schritte entfernt wurde eine Airasiedlung und den anschließenden Luzula nemorosa-reichen Steilhang hinauf eine Myrtillussiedlung vergleichsweise zur Untersuchung herangezogen. (Vgl. Tab. 6, Spalte 13 bis 14.)

Zum Schluß möchte ich noch die Besiedlung der Brandflecken erwähnen. Diese Stellen befinden sich im Bereich der Kamm- und Steilzone, wo bei dem Kahlabtrieb die Reisighaufen verbrannt wurden Marchantia polym., Webera nut., Funaria hygrom. und im 2. Jahr Epilobium angust., Senecio vul., Betula ver. und zum Teil auch Fichtenkeimlinge sind hier immer wieder anzutreffen. Erst sehr spät kann Calamagrostis diese Stellen wieder besiedeln, daher bilden sie auch nach 3 bis 4 Jahren noch locker besiedelte Inseln in der dichten Grasmatte der Kahlschlagfläche. Häufig habe ich in schlagreifen Fichtenaltbeständen der Kammzone Fichtenjungwuchsgruppen auf alten vergrasten Brandstellen gefunden. Die Humusschicht ist unter solchen Flecken reichlich mit verkohlten Holzstückchen gemischt und daher durchlässiger als die dicht durchwurzelten, oft schmierigen Calamagrostishumusstellen.

Trotz der steilen Hänge verbleibt im Buchenwald am Buchberg die Laubstreu an dem Ort ihrer Entstehung, da der Wind an vegetationsfreien Stellen die trockenen Blättchen gegen den Boden drückt. Die Bedeutung dieser Laubdecke für die Pflanzenrhizome der Buchenbegleiter wird im Winter durch das geringe Eindringen des Bodenfrostes ersichtlich. Während im Buchenbestand bei starkem Frost und geringer Schneedecke kaum eine größere Frosttiefe als bis zu 6 cm festgestellt wurde, drang im Fichtenreinbestand am Buchberg zur gleichen Zeit der Frost bis zu 30 cm tief in den Boden ein. (Massiver Frost.)

Hinsichtlich der Pflanzenliste des Buchbergbestandes möchte ich noch nachträglich darauf hinweisen, daß vom nördlichen Kahlschlagrand her Melica nutans in den Buchenbestand einwandert. Während das Gras in der Fichtenschonung des Nordhanges häufig fruchtend zu finden ist, kommt es unter den Buchen fast nur steril vor. In keiner der bisher erschienenen Arbeiten wurde Melica nutans für den Buchberg angegeben. Nur H. Neugebauer 1893 nennt Melica uniflora, die ich in den untersuchten Waldbeständen nicht gefunden habe. Die Pflanzenlisten von H. Neugebauer hat E. Fiek auf ihre Zuverlässigkeit hin geprüft. Dennoch findet man bei E. Fiek 1881 und 1889 die Pflanze für den Buchberg nicht erwähnt. Für die Bestimmung der sterilen Melicapflanzen möchte ich Herrn Prof. Dr. F. Markgraf auch an dieser Stelle danken.

Die Kronenform der Fichten

Stammdichte und Kronenform beeinflussen die Lichtmenge, die der Bodenpflanzengesellschaft zur Verfügung steht. Innerhalb geringer Höhendifferenzen hängt die Kronenform stark von der von den Forstbeamten geübten Bestandespflege ab (Astreinheit der Stämme). Bei größeren Höhendifferenzen ist der einzelne Baum bestrebt, mit zunehmender Höhenlage die geringere Wärmemenge durch einen höheren Genuß an Licht und Sonnenwärme auszugleichen (Dengler 1935, S. 34 bis 43), was sich äußerlich durch die Entwicklung einer größeren Gesamtblattoberfläche zu erkennen gibt. Oberhalb des Bereichs der montanen Fichtenbergwaldstufe, für die ein Buchen-Fichtenmischwald standortsgemäß ist, beginnt der klimatische Einfluß der Kammzone

den des Hangklimas zu überragen, so daß die Baumkronenentwicklung von der morphologisch sehr scharf ausgeprägten Grenze zwischen Steil- und Kammzone bis zur Kammhöhe hin sich sehr auffällig ändert.

Um für diese Beobachtung einen zahlenmäßigen Ausdruck zu finden, habe ich, bevor Kahlschläge an diesen Standorten angelegt wurden, aus dem zu fällenden Baumbestand je einen typischen Vertreter der besseren Stammklasse ausgewählt und sie vor dem Kahlschlag durch das Entgegenkommen der Waldarbeiter fällen lassen. Die Stämme wurden in zwei Meter Abständen gekluppt und für dieselben Stufen wurde das Astgewicht und die Ast- und Zweigfläche bestimmt. (Zusammenlegung der Äste und Zweige zu einfachen geometrischen Figuren.) Die ausgemessenen Stämme standen inmitten der Bestände. Dem bereits beschriebenen Iseruferwald und dem Bannwald auf dem Kamme wurden keine Stämme entnommen, dafür wurden Stämme aus dicht benachbarten Beständen herangezogen. Bei der Auswahl eines Stammes im Revier Rabishau ergab es sich, daß die Kronen hier nur unwesentlich kleiner waren als an der Ludwigsbaude, daher unterblieb die zeitraubende Messung.

Die Ergebnisse dieser Messungen enthält die Tab. z. Die Summenwerte der Messungen sind in der Tab. 7 angeführt. Die Messungen ergaben, daß in bodenkundlich günstigen Tallagen die Wuchsleistung am größten ist. In den Gebirgstälern werden an gleich hohen Bäumen größere und wuchtigere Kronen ausgebildet als in den Vorgebirgstälern, die Gesamtblattoberfläche wird dabei bis zur doppelten Flächenausdehnung erhöht. Im umgekehrten Verhältnis zu einander stehen die Stammzahlen, bezogen auf die Flächeneinheit an diesen Standorten. Ein ähnliches Verhältnis besteht zwischen den Fichtenkronen an der dichter besiedelten Hangmitte den locker bestockten Kämmen gegenüber. Die Abholzigkeit der Stämme wächst mit zunehmender Höhenlage. Die Zone der größten Zweigflächenentfaltung liegt beim Übergang des zweiten Kronendrittels zum obersten Kronendrittel.

Die Lichtverhältnisse im Bestandesinnern

Durch den vom Menschen willkürlich bestimmten Kronenschluß besitzt eine nur geringe Anzahl von Lichtmengenbestimmungen wenig Wert. Über die floristische Zusammensetzung der Assoziationsfragmente entscheidet vor allem der Streuabfall der verschieden zusammengesetzten Baumbestände und seine durch Klima, Exposition und Boden bedingte Zersetzung. Daher mag vielleicht der Angabe der geringsten Lichtmenge, die zur Ansiedlung bestimmter Arten ausreicht, ein gewisser Wert zukommen, denn auch die zur Blüten- und Fruchtbildung genossene Lichtmenge ändert sich wahrscheinlich mit der Standortsgüte. Da eine eingehende Bearbeitung dieser verwickelten Frage noch aussteht, habe ich bei strahlendem Sonnenschein, bei dem die Unterschiede beträchtlich größer sind als theoretisch zu erwarten war (Geiger 1929), einige wenige extreme Standorte bemessen. Dabei lagen stets dieselben Graukeilphotometer im Freien und über der Laubschicht der bemessenen gut ausgebildeten Pflanzensiedlung. Setzt man die im Freien ermittelte Lichtmenge = 100, so erhalten in hiebreichen Fichtenbeständen verschiedenster Expositionen

die Streuflecken 22 bis 56 % der Lichtmenge außerhalb d. Best.,
die Airasiedlungen 44 bis 70 % " " " " " ,
die Calamagrostis "70 " 86 % " " " " " ,

die Myrtillus- und Oxalissiedlunger 50 bis 55 % der Lichtmenge im Freien.

Die nach zunehmenden Verhältniszahlen geordneten Lichtmessungen geben die Pflanzen der Waldbodenoberfläche in der Reihenfolge wieder, wie sie sich im Bestandesinnern im Laufe des Bestandeslebens einfinden. Nach G. Morosow 1928, S. 260, liegt zwischen Aira und Oxalis die Grenze zwischen den Lichtbedürftigen und den schattenfesten Arten.

Beobachtungen der Wurzelausbreitung im Boden

Durch die im folgenden Teil darzulegenden Boden- und Streuzersetzungsverhältnisse der beschriebenen Untersuchungsstellen werden bestimmte Pflanzen von der Teilnahme an der Besiedlung des Bodens von vorn herein ausgeschlossen. Der Chemismus der Streuzersetzung scheint bereits das Keimen einzelner Pflanzen zu verhindern (A. Koch 1914). Daneben muß er auch über die ohne experimentelles Arbeiten schwer bestimmbare Konkurrenzkraft der Arten entscheiden.

Die normale Ausbildung des Wurzelsystems ist den schwierigen Humusuntersuchungen gegenüber leicht zu beobachten. In dem für den Buchenwald meist charakteristisch tiefen, gut durchlüfteten und lockeren Profil findet eine Gesellschaft anspruchsvoller tiefwurzelnder Pflanzen genügende Lebensbedingungen. Das weniger lockere, aber trotz leichter Podsolierung noch recht gut durchlüftete Profil der Steilhänge genügt daher nicht nur den Bedürfnissen der Buche, sondern auch einer großen Anzahl ihrer Begleiter. Nach G. Morosow 1928, S. 107, steht der Anspruch der Pflanzenarten an den Boden im umgekehrten Verhältnis zur Größe des aktiven Teiles ihrer Wurzeloberfläche. Sobald infolge ungenügender Streuzersetzung der Boden stärkere Bleicherdehorizonte aufweist, fehlen die Buche und ihre Begleiter völlig. Die Fläche innerhalb der von mir in die Übersichtskarte eingetragenen schematisierten Linie baumförmigen Buchenvorkommens deckt sich weitgehend mit dem Gebiet stärkerer Podsolierung, die ihrerseits wieder nächst dem Klima von der Morphologie des Gebirgsteiles und der Waldbestandespflege abhängt. (H. Burger 1926.) An manchen mir nur flüchtig bekannt gewordenen Stellen mag die genannte Grenze anders verlaufen. Gewiß kommt der Buche unterhalb dieser Grenze nur der Wert eines Baumes der unteren Baumschicht zu, der aus Gründen der Bodenpflege vom Menschen zweckmäßig hier an der Grenze seiner Ertragsfähigkeit gepflegt und erhalten werden sollte. Im Verhältnis, wie hangabwärts die Bedeutung des Hangklimas zunimmt, wächst an Steilhängen neben der Leistungsfähigkeit der Buche bei naturnaher Abtriebswirtschaft auch der Reichtum der Bodenflora.

Oberhalb der Grenze baumförmigen Buchenvorkommens liegt unter der Humusdecke eine Podsolschicht, die nur für eine kleine Auswahl von Bodenpflanzen noch durchdringbar ist. Daher lassen sich die Pflanzen des subalpinen Fichtenwaldes, abgesehen von den reinen Humussiedlern, z.B. Oxalis Majanthemum bifol. und Trientalis europ. (wie sie ja auch zum Teil für den Buchenwald genannt werden können) zu einer Gruppe zusammenfassen, die dem durch Podsolierung veränderten Profil sich anzupassen vermögen. Sie sind aber keineswegs auf diese Bestände beschränkt. Vaccinium myrt. (Gegensatz zu E. Ramann, 1911, S. 470), Aira flex. und Calamagrostis vil.

bilden zwei verschiedene Wurzelzonen aus, die über und unter der Bleichschicht liegen. Die Wurzeln über der Bleichschicht sind z. B. bei der Blaubeere weit feiner und verästelter als die Wurzeln der Mineralbodenschichten, sie verlaufen fast parallel zur Erdoberfläche. Die in die tieferen Schichten führenden Wurzeln steigen wie Absenker von stärkeren Stellen des oberflächlichen Wurzelsystems fast senkrecht herab. Im Bereich der Pdosolschicht haben sie keine Verzweigungen und sind im frischen Zustand häufig hier etwas schwächer als im Iluvialhorizont, in dem sie sich eifrig und vor allem wieder in horizontaler Richtung verzweigen. Der Iluvialhorizont wird kaum wesentlich durchwachsen.

Außer für die Gräser gilt das gleiche Verhalten vor allem für die Fichte mit ihrem wenig plastischen Wurzelsystem. Da es sich dabei hauptsächlich um die feineren Wurzeln handelt, kann man bei der Fichte sich die mühselige Ausspülung der tiefreichenden Wurzeln sparen, solange windgeworfene Fichten mit großen Bodenballen nach einigen kräftigen Regengüssen zur Beobachtung freiliegen. Den Übergang zu den Buchenbegleitern, die auch auf ausgesprochen lockeren Böden auch im Fichtenwald anzutreffen sind, bilden die Farne und einzelne ausdauernde Kräuter: z. B. Prenanthes purp., Lactuca mur. Ihnen fehlt der dichte Wurzelfilz, dafür dringen die kräftigen Wurzeln senkrecht absteigend tief in die Mineralbodenschichten ein und dienen der Bodendurchlüftung und Lockerung. Da das Alter der Podsolschichten sich sehr schwer angeben läßt, kann man ohne umfangreiche vergleichende Untersuchungen die Grenze ihrer Durchdringbarkeit nicht abschätzen. Bleicherdeschichten von 7 bis 10 cm Stärke, wie sie in der Kammzone häufig sind, werden von Fichten und Bodenpflanzen durchwachsen.

Bei den durch eine Trombe 1935 entwurzelten Fichten unterhalb des roten Floßkammes war die Bedeutung des Podsolbodens für die Ausbildung der Fichtenwurzeln bequem zu sehen. An der Jagengrenze $\frac{12}{2}\,\frac{11}{10}$ lagen windgeworfene Fichten mit 8 bis 12 m großen flachen Wurzelscheiben, die über einer etwa 30 cm starken Bleicherdeschicht gestanden hatten. Das Wurzelsystem dieser Bäume mit dem darin festgehaltenen Boden gleicht einer großen, 20 bis 60 cm starken Scheibe, an deren Rande die radial vom Stamm ausgehenden Wurzeln wie vielfingrige Hände dem Boden in flacher Schicht auflagen (H. Graser 1928). In der entgegengesetzten Ecke des Jagens 10, etwa 60 m tiefer gelegen, hat die gleiche Trombe an einem Hangrücken den größten Teil der Fichten, die auf schwachpodsoliertem Boden stockten, wie Streichhölzer meist 2 bis 3 m über der Erde abgebrochen. Einige Stämme, die am Grabenrand standen, waren aber mit einem 1 bis 1,5 m dicken Bodenballen ausgehoben worden. Der Durchmesser dieses Wurzelballens betrug nur 2,5 bis 3,5 m. Nur einige der vom Wurzelhals abgehenden Wurzeln lagen hier knapp unter der Erdoberfläche, während die meisten schräg unter verschieden großen Winkeln in die Tiefe verliefen. Die absteigenden Wurzeläste verzweigen sich auch im Boden nach allen Richtungen hin. Die Fichte ist in frischen, lockeren steinigen Hangböden ein Tiefwurzler. (C. Schroeter 1926, H. Graser 1928, M. Woelfle 1936.) Die Unterschiede gelten nicht nur für den beschriebenen Standort, sondern sind im gesamten Isergebirge immer wieder zu beobachten. Daher kann die Gefahr der Podsolierung gar nicht überschätzt werden (Gegensatz zu G. Schreckenthal - Schimitscheck 1935), denn besonders an den Hängen bleibt bei einem naturähnlichen Bestandesaufbau bis in die höchsten Lagen hinauf der Boden buchenfähig (Burger 1926), ein Umstand, der für die Boden- und Bestandesgesundheit nie genug beachtet werden kann.

Die Untersuchung des Bodens einiger Fichtenforst-assoziationen des Isergebirges

"Wir Forstleute betrachten überhaupt von jeher nicht den Boden für sich allein, sondern immer Klima und Boden zusammen." G. Krauß 1935, S. 160. "Die roheste und deshalb erste Arbeit der Bodenuntersuchung muß notwendig die Feststellung der Bodenstruktur und die Bestimmung der festen Substanz, des Wassers und der Luft des Bodens sein." H. Burger 1926, S. 150.

Die Böden des Isergebirges

Beobachtet man innerhalb der zwei geologischen Hauptzonen die Verwitterung des anstehenden Gesteins, so kann man das Gneisgebiet an der vorwiegend plattigen, das Granitgebiet an der mehr grobkörnigen Struktur der oberen Verwitterungskruste erkennen. In den Profilen der geologisch älteren Zone liegen die Gneisplatten teilweise wie eine Schicht von Pflasterplatten. Die Steilhänge tragen viele verrollte Blöcke. Der Verwitterungsboden ist reich an faust- bis nußgroßen Steinen.

J. Spirhanzl 1932 unterscheidet im Isergebirge eigentliche Gebirgsböden von Podsolböden mittlerer Auswaschung und ausgesprochene Podsolböden. Nach der beigegebenen Karte rechnet der Verfasser die Kammzone zu den Gebirgsböden, die südliche und westliche Steilzone zu den ausgesprochenen Podsolböden. Die Bodenkarte von H. Stremme 1936 gibt für die Kammzone sandigen Gebirgsschutt, für die Steilzone lehmigen Gebirgsschutt an. Beide Bodenarten sind teilweise schwach bis mäßig gebleicht. Für das Vorgebirge werden schwach bis mäßig gebleichte rostfarbene Waldböden angegeben.

Zu Beginn meiner Arbeiten im Isergebirge habe ich quer über den deutschen Teil des Gebirges viele Bodenprofile mit einem 1 m langen Bohrstock untersucht. Auf Grund dieser Messungen und der später erfolgten Profilgrabungen im gesamten Isergebirgsgebiet kann ich mich der Auffassung von Spirhanzl nicht anschließen. Auch die stark schematisierte Bodenkarte nach Stremme gibt trotz Betonung der genetisch-morphologisch-petrographisch ausgerichteten Einteilung den Boden nicht den wahren Verhältnissen entsprechend wieder. Vielmehr scheinen die Beobachtungen am Riesengebirge auch auf das Isergebirge übertragen worden zu sein, was bei dem Gesteinsunterschied und der ununterbrochenen Walddecke des Isergebirges mindestens bedenklich ist. Innerhalb der von J. Böhme 1930 abgegrenzten Kammzone sind ungebleichte kiesige Gebirgsböden auf wenige, schmale Kammrücken beschränkt. Der flache Teil der Kammzone ist dagegen den ausgesprochenen Podsolböden zuzuzählen. Die gesamte Steilzone gehört aber den Podsolböden schwacher bis mittlerer Auswaschung an. Hier liegen kaum oder wenig podsolierte Flecken mosaikartig zwischen stärker ausgebleichten Stellen (Blankmeister 1931). Diese Feststellung muß sehr hervorgehoben werden, da für die Forstwirtschaft die Anfangsphasen der Bodendegradierung nach Korrektion des Bestandesaufbaus als eine vorübergehende Herabsetzung der Produktionskraft anzusehen sind (Nemec 1936). Ferner ist es nach Burger 1926 im humiden Gebiet durch Laubholzbeimischung möglich, das Fortschreiten der Podsolation zu verhindern oder

mindestens sehr stark zu verzögern. Das gilt für die Steilhangzone in ganz besonderer Weise, denn Burger 1926 sagt sogar, daß bei gleicher geologischer Unterlage im Emmental sich der Bodentyp durchaus mit dem Fehlen oder Vorhandensein der Buche ändert.

Durch das vielfache Ineinandergreifen von Teilen verschiedener morphologischer Gestalt innerhalb der morphologischen Großzonen ist diese Einteilung auch nur schematisch, denn auch auf sehr flachen Hängen der Steilzone findet man stärkere Podsolschichten, wie man innerhalb der Kammzone steilere Hänge findet, die nur wenig degradiert sind. Das Klima ist eben nur eine allgemeine Vorbedingung zur Podsolierung (Lundegårdh 1930). Ferner scheint die Podsolierung von der Bestandespflege abzuhängen, denn innerhalb des Iserrevieres weisen die entlegeneren Jagen bei ähnlicher Neigung bis zu doppelt so starke Podsolschichten auf als die Jagen, die an den Verkehrswegen liegen. Der Grund dafür ist darin zu suchen, daß die Forstverwaltung die ersten Durchforstungshiebe den Waldarbeitern überläßt zwecks Eigenwerbung von Brennholz. (Köhler 1927) Dabei werden die entlegenen Revierteile benachteiligt (z.B. an der Grenze zwischen Revier Iser und Revier Karlstal). Nach E. Werth 1936 ist dieser Einfluß zwar unmöglich, doch möchte ich gestützt auf eigene Beobachtungen mich der Ansicht von E. Ramann 1911, S. 471 anschließen, der berichtet, daß z.B. unter Vaccinium myrt. der Einfluß der Rohhumusüberlagerung auf den Boden sich sogar "oft messend verfolgen" läßt.

Den eigentlichen aklimatischen Gebirgsböden steht das Profil am Flinsberger Hang am nächsten, wie es nur nach längerem Suchen im Bereich der Blockhalde zu finden ist. In allen anderen Profilen folgen die einzelnen Schichten, wie sie für das Profil podsolierter Böden bekannt sind. Mit abnehmender Wärme, abnehmender Oberflächenenergie und mit zunehmender Niederschlagshöhe wächst die Mächtigkeit der 3 obersten Bodenschichten. Ortsteinartige verfestigte Illuvialhorizonte habe ich nirgends beobachtet. Herr Oberförster Dr. Stach (Petersdorf) teilte mir mit, daß er nur einmal bei den Forsteinrichtungsarbeiten auf eine solche Scholle gestoßen sei.

Der Basaltboden des Buchbergs muß mit Hoyningen-Huene 1931 den Erubasböden zugezählt werden. Hier findet sich unter dem Buchenbestand ein steppenbodenartiges A - C Profil mit der charakteristischen feinkrümeligen Graupenstruktur. Infolge der Härte des Gesteins und der vorhandenen hohen Reliefenergie ist das Bodenprofil relativ flach und reichlich durchmengt mit verschiedenen größeren abgerundeten Basaltknollen (Diels 1925). Unter dem Fichtenreinbestand am SW Abhang des Buchberges findet man den Degradationsvorgang im vollen Gange. Die Graupenstruktur ist verloren gegangen, dafür ist die Bodenverdichtung schon soweit fortgeschritten, daß der deutlich sichtbare Lagerungsunterschied meßbar wird.

Die Körnung der Böden

Im Abstand von etwa 1 Monat wurde fast an jeder beschriebenen Untersuchungsstelle (vgl. Assoziation) eine Profilgrube ausgehoben und neben den Zylinderproben etwa 1 bis 2 kg große Bodenproben derselben Schicht, aus der die Zylinderproben stammten, entnommen. Die im Schatten luftgetrockneten Bodenproben wurden durch ein Rundlochsieb getrieben und das Ergebnis ausgewogen. Für die

einzelnen Meßstellen wurden einzelne charakteristische Profile als Beispiel für diese Stelle in der Tab. k zusammengefaßt. Die angegebenen Werte sind Prozentzahlen der auf 100 bezogenen Gesamtprobe.

Überblickt man die Zusammenstellung der Körnungsverhältnisse des Gesamtgebiets, so ergibt sich, daß der Gehalt an Feinerde der Körnungsgröße $< 0{,}5$ mit zunehmender Tiefe steigt. Die wenig günstigen physikalischen Bodenverhältnisse, die durch den relativ hohen Gehalt an Feinerde bedingt werden, sind neben den Fichtenreinbeständen der Anlaß dazu, daß diese Böden nur langsam auf größere Tiefe, dafür aber innerhalb eines schmalen Horizontes um so intensiver ausgelaugt werden. Diese Erscheinung ist nach G. Wiegner 1924 typisch für alle Böden, die aus sauren Gesteinen entstanden sind.

Die entgegengesetzt gemischten Profile werden durch ihre fluviatile Entstehung verständlich (an der Iser). Bei den feinerdereichen Profilen sind die Differenzen zwischen der obersten und tiefsten Bodenschicht nicht übermäßig groß, Hemmrich und Sandberg zeigen dagegen eine stärkere Zunahme an Feinerde mit zunehmender Bodentiefe. Nach A. Salminen 1935 nimmt mit abnehmender Korngröße der Basengehalt zu, während der SiO_2-Gehalt sich vermindert. Da bei den Aziditätsuntersuchungen und den Humusuntersuchungen diese beiden Buchen-beeinflußten Standorte eine besondere Stelle einnehmen, muß dieser Unterschied im Verhältnis zum Queisprofil hervorgehoben werden. Im Bereich der Böden mit ausgesprochener Bleicherdeschicht kommt dieser Schicht oder dem Einwaschhorizont je nach dem Grad der Ausbleichung ein auffallend hoher Gehalt an Feinerde zu. Im Verhältnis zum vorauszusetzenden ungestörten Mischungsverhältnis der Bodenteilchen wird schon bei den Siebanalysen der Einfluß der Auswaschung auf die Bodenkörnung deutlich. Über dem anstehenden Gestein kehren sich die Körnungsverhältnisse innerhalb einer sehr engen Zone wieder um (Flinsberger Hang). Die Untersuchung des Grobbodens war wegen der schwierigen Gewinnung der Bodenproben undurchführbar.

Die Schlämmanalysen

Über den Prozentanteil feinster Bodenteilchen an der Zusammensetzung der Feinerde gibt die Schlämmanalyse Auskunft. Von fast allen Grabestellen wurden Proben aus sämtlichen Schichten im Kopeckyschen Bodenschlämmzylinder des Botanischen Museums in Berlin untersucht.

Dieser Schlämmapparat hat nach F. Gessner 1931 den großen Vorteil, daß er für die praktische Bodenanalyse eine genügend genaue Zerteilung in einmaliger Manipulation ergibt. Er kann sich selbst überlassen bleiben, nur die Druckverhältnisse müssen kontrolliert werden. Durch die Wasserspülung erfolgt während der Analyse die Auswaschung der Elektrolyte.

Nach F. Gessner 1931 und G. Wiegner 1926 entscheidet größtenteils die Vorbereitung der Bodenprobe zur Schlämmanalyse über das erhaltene Ergebnis. Zu elektrolytarmen Böden ist der Zusatz eines Stabilisators zum Dispersionsmittel nicht nötig. Dagegen ist bei Kalkgehalt und Elektrolytreichtum die Entfernung koagulierender Salze notwendig. "Die Wirkung der Vorbereitungsmethode ist stark abhängig vom Elektrolytgehalt des Bodens und der

Lösung; der Endeffekt kann bei derselben Methode ein entgegengesetzter sein, je nachdem die Bodenteilchen über oder unter das kritische Potential aufgeladen sind", Wiegner 1926.

Das ganze Isergebirge gehört durch sein Klima dem Bereich der Bleicherdebildung an. Hier findet unter dem Einfluß löslicher Humussäure und Schwefelsäure ein lebhafter Transport von Eisen- und Aluminiumionen statt, wodurch die physikalischen und chemischen Eigenschaften der einzelnen Schichten umgewandelt werden. Daher erschien es wertvoll, neben der gebräuchlichen Vorbereitung der Bodenprobe durch Reiben und Kochen eine zweite Probe derselben Schicht nach chemischer Vorbehandlung zu schlämmen. Die folgende Behandlung der mit HCl ausgezogenen Probe schon mit 0,1 n NH_3 zerteilt den Boden weiter, und zwar so stark, wie es bei keiner anderen Methode zu erreichen war (Barnette 1926).

Ich habe die Probe nach folgender Vorschrift behandelt: Nach dem Kochen von 30 bis 50 g Boden in 300-400 ccm Wasser mit etwa 20 ccm verd. HCl (1 : 5) versetzt und kurz unter Umrühren aufgekocht. Die schnell abgekühlte, überstehende, klare Lösung wurde dekantiert und der Boden mit dest. Wasser wiederholt ausgewaschen. Nach erneuter Aufschwemmung mit Wasser wurden vorsichtig einige Tropfen verd. NH_3 (1 : 5) zugesetzt, das Gemisch aufgerührt und absetzen gelassen. Der Laugenzusatz wurde durch Lackmuspapier kontrolliert. Die zugesetzte Laugenmenge genügte in keinem Fall, die Reaktion des Bodens bis an den Neutralpunkt hin zu ändern. Ohne auszuwaschen wurde sofort geschlämmt.

Der Basaltboden des Buchbergs enthielt nach dieser Behandlung noch immer zerdrückbare Krümel. Die in der Tabelle 1 angegebenen Werte wurden in Gewichtsprozent, bezogen auf 100 g Feinerde, umgerechnet. Durch die energische Vorbehandlung erreicht man die Lösung der Eisen- und Humusverbindungen. (Schubert 1929.) Daher erfolgt besonders in der Bleicherdeschicht und im Illuvialhorizont eine verschieden starke Änderung des Anteils der kleinsten Bodenteilchen ($< 0{,}05$). Ich möchte nicht behaupten, daß durch diese Vorbehandlung ein Zustand erreicht wird, der der primären Zerteilung im Boden entspricht. Die mächtigste Bleichschicht, die untersucht wurde, liegt unter einer 65 cm starken Moordecke. Die Schlämmanalyse zeigte nach chemischer Vorbehandlung dieser Bodenprobe im Verhältnis zur Wasserbehandlung fast keinen Unterschied in den erhaltenen Korngruppen. Diese Unempfindlichkeit gegen die Chemikalien steht mit der Tatsache im Einklang, daß durch den Auswaschungsvorgang im obersten Mineralbodenhorizont eine Anhäufung amorpher SiO_2 erfolgt.

Das Analysenergebnis stimmt gut mit den Feststellungen von Hrubs 1935 überein, nach denen der strenge Podsolhorizont unplastisch ist, während der Einwaschhorizont eine Erhöhung der Plastizität und der Festigkeit aufweist. Außerdem wächst nach L. Smolik 1926 mit abnehmendem Elektrolytgehalt die wahre Oberfläche des Bodens. Am Standort ist diese Bodenschicht äußerst fest gelagert, unzählige abgestorbene und vertorfte dünne Pflanzenwurzeln durchziehen den Boden (Nadelstichproben). Der Einwaschhorizont dieses Profils wurde bei der Grabung nicht erreicht.

Als Beispiel für die Kammzone mit ausgesprochener Bleicherdebildung gilt das Profil der Hütte. Im Bleichhorizont ist hier nach chemischer Vorbehandlung der Anteil an Körnchen von 0,5 bis 0,1 mm

und von 0,1 bis 0,05 mm fast auf die Hälfte zurückgegangen. Dadurch ist die kleinste Korngrößengruppe um 50 % ihres Wasserwertes angewachsen. Die Gruppe der größten Teilchen blieb unverändert, da sie nur Quarz, Glimmer und Feldspat enthielt. Der Einwaschhorizont zeigt ein ähnliches Verhalten, hier liegt die größte Abnahme bei der zweiten Korngruppe. In dem scheinbar unbeeinflußten Verwitterungsboden verlieren besonders die höchsten Korngruppen noch von ihrem geringen Einfluß auf das Bodengefüge.

Die größte Abnahme des Gewichtsanteils steigt bei zunehmender Tiefe von der mittleren Korngröße zur höchsten Korngröße, während der größte Gewinn immer der kleinsten Korngrößengruppe zufällt. Das Verhältnis der größeren Korngruppen zu den kleineren ist in der deutlich ausgebildeten Bleicherdeschicht nach verschiedener Vorbehandlung gleich geblieben, ähnlich der Moorwaldprobe. Im Einwaschhorizont kehrt sich das Verhältnis um, im wenig veränderten Mineralboden bleibt es nahezu erhalten.

Von der Steilhangzone stammt das Profil aus dem Queisrevier. Die Bleicherdeschicht war an der Hütte 10 bis 12 cm stark, hier ist sie nur 2 bis 6 cm stark. Auf einzelnen Flecken ist die Bleicherdeschicht nur angedeutet. Dieses Mosaik verschieden ausgebleichter Flecken scheint auf der Neigungsänderung innerhalb eines kleinen Raumes zu beruhen. Bestimmte Siedlungsflecken, etwa Myrtillussiedlungen, sind nicht auf diese Stellen beschränkt. Auch hier ist wie an der Hütte die Podsolierung im vollsten Gange. Die Abnahme des Anteils der mittleren Korngrößen durch die chemische Vorbehandlung der Bodenprobe ist sogar größer. Die maximale Abnahme in der tiefsten Schicht liegt noch in der zweitgrößten Korngrößengruppe. In dem zum Teil erst angedeuteten Einwaschhorizont besitzen die Körnchen 0,05 bis 0,01 mm einen großen Anteil an der Gesamtprobe. Auch in den anderen 3 Bodenschichten herrschen Teilchen dieser Gruppe vor. Nach der chemischen Vorbehandlung bleibt das gegenseitige Verhältnis erhalten, nur die herrschende Teilchenklasse tritt noch mehr hervor. Die Werte, die nach Wasserbehandlung der Probe erhalten werden, zeigen im Vergleich zu dem Gesamtprofil der Hütte, daß am Queis die Anteilprozente sämtlicher Korngrößengruppen weniger von einer mittleren Größe abweichen als in Iser. Es tritt hier die Korngrößengruppe 0,05 bis 0,01 mm, die anscheinend durch fortgeschrittene Podsolation besonders anwächst, nicht so hervor, wie es bei der Hütte der Fall war.

Dieses Verhältnis wird besonders auffällig, wenn man die Teilchen von 2 bis 0,05 mm zusammenfaßt und sie den 2 kleinsten Teilchengruppen gegenüberstellt. Im Gegensatz zu dem Profil der Hütte kehrt sich nach verschiedener Vorbehandlung das Verhältnis der beiden Korngrößengruppen auch in der Bleicherdeschicht um. Daß diese Umkehrung bis in die größte Tiefe erfolgt, zeigt den Einfluß der Auswaschung auf alle Schichten, der durch das Fehlen einer geschlossenen, verdichteten Bleicherdeschicht bei starker Hangneigung in dem an sich lockeren Hangprofil möglich ist. Die Veränderung der Kornzusammensetzung des Feinbodens ist für die Durchlüftung und Wasserführung des Bodens wesentlich.

Das Profil vom Sandberg zeigt im großen und ganzen dieselben Verhältnisse wie am Steilhang. Besonders interessant ist hier der geringe Einfluß der chemischen Vorbehandlung auf die tiefste, von der Podsolation anscheinend kaum berührten Bodenschicht, die daher auch keine Korngruppe maximaler chemischer Empfindlichkeit besitzt.

Das Verhältnis der zwei Korngrößenhauptgruppen kehrt sich nur in den 2 obersten Schichten um, während es in den 2 unteren Schichten erhalten bleibt oder verschärft wird. Dieses Ergebnis der Untersuchungen am Sandbergprofil steht ohne Frage in Beziehung zu dem Buchen-Fichtenmischwald.

Die untersuchten Profile des Gebirgsvorlandes stehen trotz ihres Feinerdereichtums den Steilhangprofilen näher als denen der Kammzone. Nur Rabishau liegt mitten im Gneisgebiet, während Hemmrich hart an der Grenze des Granitgebiets liegt. Ohne Mühe erkennt man hier an den Bodenaufschlüssen im Gelände die großen Unterschiede in der Verwitterung.

Die chemische Vorbehandlung der Bodenprobe vom Hemmrich ergibt eine Veränderung der Korngrößenmischung des Profils in entgegengesetzter Richtung als bisher. Nur die oberste Mineralbodenschicht zeigt dieselben Verhältnisse wie an den besprochenen Orten (beginnende Bleichung). Offenbar erfolgt hier durch den geringen Ammoniakzusatz bereits eine Koagulation der Bodenteilchen $< 0{,}015$ mm zu größeren Aggregaten, (vgl. Pufferung und Austauschazidität,) ein Vorgang, der auch von Wiegner berichtet wird, sobald durch Elektrolytzusatz die Bodenteilchen über das kritische Potential aufgeladen werden (vgl. S. 74).

Nach der Tab. 1 stehen beide Profile hinsichtlich des Anteils der verschiedenen Korngrößengruppen dem Profil der Hütte nahe. Dennoch fehlt ihnen beiden eine eigentliche Bleicherdeschicht, nur die oberste Mineralerde verrät durch ihre schwarzgraue Färbung den Einfluß des Humus. Bei dem Profil vom Hemmrich ist diese Erscheinung besonders schwach. Im übrigen zeigen die Schlämmanalysen nach chemischer Vorbehandlung die gleichen Erscheinungen wie bei den bereits beschriebenen Untersuchungsstellen, jedoch wesentlich schwächer.

Die Schlämmanalyse des Profils an der Iser gibt das völlig abweichend aufgebaute Bodenprofil eines Flußsand-Kiesbodens. Auch hier ist ein Bleichvorgang am Profil im Gelände deutlich zu sehen, er entzieht sich aber der Meßbarkeit durch Korngrößenbestimmung.

Die beiden Profile vom Buchberg waren interessant, weil man hier den Einfluß des Fichtenreinanbaues auf ursprünglichem Buchenboden feststellen kann. Dieser Unterschied der Verdichtung des Bodens unter der Fichte ist im Gelände sehr deutlich. Durch die chemische Vorbehandlung beider Bodenproben ist ein Unterschied in dem Gefüge der Feinerde nicht erkennbar geworden. Anscheinend liegt, wie am Hemmrich, eine Koagulation der feinsten Bodenteilchen durch den Laugenzusatz vor. Das angewendete Verfahren hat hier nicht genügt.

Ein allen Profilen zugrunde liegendes Idealprofil des Isergebirges läßt sich aus den Untersuchungen natürlich nicht ableiten. Vielmehr zeigen die 3 verschiedenen morphologischen Hauptzonen des Isergebirges deutliche Unterschiede in der Anteilnahme der einzelnen Korngruppen an den Profilen. Offenbar kommt der Teilchengröße 0,05 bis 0,01 mm für die verschieden weit fortgeschrittene Podsolation eine besondere Bedeutung zu. Aus der Schlämmung der Bodenproben nach der üblichen Vorbehandlung mit Wasser wird in sämtlichen Profilen der Einfluß der Podsolation durch die hohen Anteilprozente der feinen Bodenteilchen in den obersten zwei Mineralbodenschichten deutlich. Durch die vorsichtige Vorbehandlung der Boden-

proben mit Salzsäure und Ammoniak wurde eine erhöhte Zerteilung der Bodenteilchen erreicht, die durch den Podsolationsprozeß zu Aggregaten verschiedenster Größe vereinigt worden waren. Im Vergleich mit den Anteilprozenten der einzelnen Teilchengrößen nach Wasservorbehandlung der Bodenprobe bieten die Anteilprozente der einzelnen Teilchengrößen nach chemischer Vorbehandlung der Bodenprobe die Möglichkeit, die Größe des Einflusses des Podsolationsvorganges auf die Körnung des Feinbodens zu erkennen. Wie weit das Schlämmen nach verschiedener Vorbehandlung geeignet ist, Podsolationsprozesse, die sich der Beobachtung entziehen, faßbar zu machen, kann erst nach eingehenden Versuchen festgestellt werden. Die Analysenwerte nach chemischer Vorbehandlung in Prozenten derjenigen nach Wasservorbehandlung (Tab. 1) sind Vergleichszahlen für das Fortschreiten der Podsolation in den verschiedenen Profilschichten.

Die Untersuchung der Böden nach dem Kopecky-schen Bodenzylinderverfahren

Unter den vielen Methoden, die zur Bestimmung der Lagerung der Wasserkapazität und Luftkapazität ausgearbeitet wurden, war für meine Untersuchungen nur die von Burger ausführlich beschriebene Methode anwendbar. Das Verfahren nach Sekera (Schreckental-Schimitscheck 1935) und nach Sigrist (Lüdi u. Luzatto 1935) ist für steinreiche Böden ungeeignet.

Noch 1934 bekennen Süchting und Volkert (S. 316), daß sie schwere Tonböden oder Böden mit hohem Steingehalt bisher nicht zu untersuchen gewagt haben, da hierfür ein besonders hoher Zeitaufwand nötig ist. Die Werte sind daher auch bei meinen Untersuchungen unsicher (Köttgen 1926); ich habe versucht, durch Grenzwerte aus größeren Analysenreihen die einzelnen Standorte und ihre Profilschichten zu charakterisieren. Nach den umfangreichen Untersuchungen von Burger (1922) ist aber die Luftkapazität neben der Wasserkapazität ein wichtiges Kriterium für die forstwirtschaftliche Beurteilung der verschiedenen Böden. Bei den stein- und wurzelreichen Isergebirgsböden war daher zu erwarten, daß nur durch die Untersuchung vieler einzelner Profile es möglich sein würde, einigermaßen gültige Verhältniswerte anzugeben. Die Luft- und Wasserkapazität sind nur Verhältniszahlen, die nach Anwendung traditionell festgelegter Untersuchungsweisen aus den gemessenen Werten errechnet werden; sie stellen nur sehr grobe, besonders im Gebirge schwankende Zahlenwerte dar für einen Zustand des Bodens, der bei Beobachtung allein weit differenzierter zu sein scheint.

Die Bedeutung der Zylindergröße für die Genauigkeit der Werte ist noch umstritten. Die großen Burgerschen Literzylinder sind für schmalschichtige Profile wenig geeignet. Es ist schwer, mit ihnen in steinreichen, dicht durchwurzelten Böden zu brauchbaren Bodenproben zu gelangen (Köttgen 1926). Sind die gegrabenen Zylinder und Bodenproben infolge der Unwegsamkeit des Gebirges stundenweit zu tragen, so wird bei einem mehrschichtigen Bodenprofil mit einigen vergleichsweise entnommenen Oberflächenproben die zu befördernde Last neben Grabe- und Meßgerät unbezwingbar. Ich habe mich daher für die kleinen Kopeckyzylinder entschieden, die mir durch Herrn Prof. Markgraf zur Verfügung gestellt wurden. Ich danke auch an dieser Stelle für diese wertvolle Unterstützung meiner Arbeit.

Durch die feste, dichte Lagerung einzelner Bodenschichten, besonders in der Kammzone, ergeben sich trotz Verwendung von Aufsatzring und Holzhammer unabschätzbare Pressungen im Zylinderinneren. Wird diese künstliche Verdichtung der Probe bei dem Ausgraben bemerkbar, so müssen die Proben so lange verworfen werden, bis es gelingt, anscheinend einwandfreie Proben zu erhalten. Im Revier Groß-Iser kostet daher die Gewinnung eines vollständigen Profils meist sehr viel Zeit. Bei der Auswertung der Profilproben findet man neben Proben mit negativer oder unwahrscheinlich hoher Luftkapazität nur einige, deren Werte mehr oder weniger dicht bei einander liegen. Steine und Wurzeln, die der Zylinder bei dem Eindringen in den Boden mit erfaßt und die neben der Pressung die Luftkapazitätswerte am meisten stören, sind häufig die Ursache dieser Extremwerte. Daher sind die angeführten Werte der Luftkapazität auf keinen Fall zu groß, eher zu klein. Nur die Grenze, zwischen denen sich die Werte der oben genannten Gruppe bewegen, wurden eingetragen (Tab. k) und als wahrscheinlich gültige Verhältniszahlen angesehen. Es wird durch spätere Untersuchungen versucht werden, die Geltung dieser Grenzwerte zu stützen.

Am sichersten läßt sich bei den Zylinderproben der Wassergehalt der frischen Bodenprobe bestimmen. Die über das gesamte Meßjahr ermittelten Wassergehalte der einzelnen Bodenschichten eines Profils sind in g Wasser angegeben (Tab. s). Da sämtliche Zylinder nahezu ein gleiches Volumen besaßen (150 ccm), wurde die Umrechnung auf Volumenprozente nicht durchgeführt. Die Bodenfeuchtigkeitsverhältnisse werden später besprochen (S. 91).

Die Abtropfgeschwindigkeit

Eine wertvolle Ergänzung zu den sich innerhalb großer Fehlergrenzen bewegenden Werte der Wasser- und Luftkapazität ist die Messung der Abtropfgeschwindigkeit (Köttgen 1926). Die aus den Zylindern vertropfte Wassermenge wurde in bestimmten Zeitabständen durch Wägung ermittelt und in Prozenten der vertropften Gesamtwassermenge für 1 Stunde der gewählten Zeitspanne angegeben (Tab. n). Zu diesem Zweck wurden die Zylinder nach erfolgter Sättigung unter Wasser dicht verschlossen, schnell abgetrocknet und gewogen. Um zu Durchschnittswerten zu gelangen, wären auch hier viele Einzelmessungen erforderlich. Es kann sich daher bei willkürlich ausgewählten Proben nur um das Erkennen einzelner grober, leicht beobachtbarer Erscheinungen handeln.

Die nach Wassersättigung innerhalb von 24 Stunden vertropfte Wassermenge ist bei den Humusschichten am größten, mit zunehmender Tiefe wird sie fortlaufend kleiner. Die tiefsten Schichten der Profile an der Iser und an der Ludwigsbaude und auch am Flinsberger Hang besitzen durch ihren hohen Steingehalt eine relativ hohe Vertropfmenge, der eine eben solche Luftkapazität bei geringer Wasserkapazität entspricht. Bei der Meßstelle Hütte fällt die Abtropfmenge von 29,4 g Wasser der Humusschicht auf 3,5 g Wasser der Bleicherdeschicht steil ab, im Einwaschhorizont steigt sie wieder an auf 9,8 g Wasser und scheint mit 5,1 g Wasser im wenig beeinflußten Verwitterungsboden wieder normal zu sein. Das Profil der Kreuzung, das auch der Kammzone angehört, zeigt ein ähnliches Bild, nur ist die Abtropfmenge durch den höheren Steingehalt und die relativ geringe Feinerdemenge bedeutend höher (schwach podsoliert). Man findet am gleichen Standort auch sehr

schwach ausgebildete Bleicherdeschichten, ähnlich den Verhältnissen am nördlichen Steilhang. Die am stärksten herabgesetzte Abtropfmenge scheint zu den Ergebnissen der Schlämmanalyse des Queisprofils zu passen, da auch dort im Einwaschhorizont die für die Podsolation charakteristische Korngrößengruppe von 0,05 bis 0,015 mm am stärksten zunimmt.

Die Vertropfgeschwindigkeit ist in allen Schichten innerhalb der ersten zwei Stunden am größten und nimmt dann, je nach dem Humusgehalt und der Ausbildung des Bodenhorizontes verschieden schnell ab. Die Humusproben unter Fichtenstreu zeigen meist den schroffsten Abfall der vertropften Wassermenge in der Zeiteinheit. Vaccinum myrt.-Humus vertropft langsamer, aber immer noch schneller als der Humus unter den Gräsern. Calamagrostishumus vermag bis weit über 10 Stunden hinaus sein Abtropfvermögen zu erhalten bei entsprechend geringer Anfangsmenge. Airahumus übertrifft teilweise noch die Wasserrückhaltefähigkeit des Calamagrostishumus; an anderen Stellen aber ist das Verhältnis umgekehrt. Den beiden Grashumusarten ist aber gemeinsam, daß sie im Verhältnis zum Streu- und Blaubeerhumus mit niederem Anfangswert weniger schroff sich verringernde Endwerte besitzen. Die Ursache dafür liegt außer bei den engen Kapillaren noch in der Quellfähigkeit dieser Humusarten.

Für die Mineralbodenschichten ist der Abtropfverlauf in der Bleicherde scheinbar am schroffsten, relativ hohe Anfangswerte gehen in kürzester Zeit zu kaum meßbaren Mengen über. Die Wasserabgabe hält allerdings sehr lange an. Da nur wenige Gramm Wasser im ganzen abgegeben werden, wird hier der Meßfehler sehr groß. Der anfänglich scheinbar schroffe Abfall ist bei so geringen Gewichtsverlusten der Zylinderproben wahrscheinlich durch die Saugkraft der Abtropfunterlage und durch Verdunstungsverluste zu verstehen. Im Einwaschhorizont erfolgt der gleiche Vorgang wesentlich langsamer als in der Bleicherdeschicht, dagegen nur in einzelnen Fällen langsamer als im unveränderten Verwitterungsboden. Körnung, Humusgehalt, Form und Größe der Bodenhohlräume sind für die einzelnen Profile dabei ausschlaggebend.

Hiernach werden die Ergebnisse der Luftkapazitätsberechnung, die aus der Wägung nach zweistündiger Abtropfzeit (Burger 1926) errechnet werden, nur recht inadäquate Vergleichszahlen ergeben können. Die Geltung der Luftkapazitätswerte muß unbedingt durch andersartige Untersuchungen gestützt werden. Nach den Ergebnissen der Abtropfmessungen ist es bei den untersuchten Böden fraglich, ob nicht die nach 24stündiger Vertropfzeit ermittelten Werte (Köttgen 1926) gleichartigere und daher bessere Vergleichszahlen ergeben, da bei lose abgedeckten Bodenzylindern in feuchter Luft der Verdunstungsverlust wahrscheinlich geringer ist als die Differenzen in dem Abtropfverlauf. Durch jede willkürliche Festlegung der Abtropfzeiten bleiben die Ergebnisse der physikalischen Bodenuntersuchungen sogar innerhalb desselben Profils solange unvergleichbar, als nicht für jede Profilschicht nach Messung der Abtropfzeiten Kurven konstruiert werden, von deren Wendepunkten die Senkrechten auf die Zeitabszisse die geeignetsten Tropfzeiten anzeigen. Da die Bleicherdeschichten innerhalb einer 24stündigen Vertropfzeit kaum einen deutlich erkennbaren Wendepunkt ihrer Abtropfkurve erkennen lassen, wird für Podsolprofile die 24stündige Abtropfzeit vielleicht vergleichbarere Werte liefern können als die 2stündige Abtropfzeit. Bei exakten Messungen würde für jede Schicht verschieden dichter Bodenprofile eine besondere Abtropf-

zeit nötig sein. Neben der schwierigen Entnahme von Zylinderproben liegt hier eine große Fehlerquelle, die die Geltung der genau errechneten Werte sehr einschränkt. Dennoch bleibt die rohe Analyse des gewachsenen Bodens die Grundlage, von der her alle Spezialuntersuchungen viel besser und sicherer erklärt werden können als durch Analysen künstlich geschichteter Bodenproben (Burger 1926).

Da der Analysengang besonders bei den Abtropfmessungen von der Behandlung der gesättigten Zylinder während des Abtropfvorganges abhängig ist, soll kurz die Aufstellung der Zylinder während der Vertropfzeit beschrieben werden. Um Verluste an Feinerde zu vermeiden, hatte ich die Zylinder an beiden Seiten mit weitmaschigem Mull überspannt. Bei dem Einsetzen der Zylinder in den Wassertrog wurde der obere Mullfleck entfernt. Der Wasserstand reichte bis einen Millimeter unter den Zylinderrand. Nach 6 Stunden wurde der Zylinder wieder überspannt und der Wasserspiegel derart erhöht, daß er 2 bis 3 cm über dem Zylinderrand lag. Nach der vorgeschriebenen Sättigungszeit enthielten die Humusproben wegen der Mullbespannung noch Luftblasen. Das obere Mulläppchen wurde deshalb vorsichtig entfernt und der Zylinder verkantet, damit die Luft entweichen konnte. Setzt man die gesättigten Zylinder in einen evakuierten Raum unter Wasser, so erfolgt eine weitere Luftabgabe von 4 bis 6 ccm. Da die Beendigung dieser Entlüftung nicht abzuschätzen ist und die Druckstärke der Wasserleitung ein verschiedenes Vakuum hervorruft, habe ich das Absaugen der Luft nur einmal probeweise durchgeführt. Zum Vertropfen wurden die Zylinder auf ein Brett gestellt, das mit einer dicken Lage angefeuchteten Löschpapiers bespannt war. Der Boden derselben Schicht, dem der betreffende Zylinder entnommen war, eignet sich bei den untersuchten feinerdereichen Gebirgsböden nicht als Abtropfunterlage (Schreckenthal-Schimitscheck 1935). Auch im Profil besitzen horizontal von einander entfernte Zylinderproben der gleichen Schicht sehr verschiedene Abtropfgeschwindigkeiten. Die Löschblattunterlage ist zwar eine künstliche, aber leicht reproduzierbare Bedingung für den Abtropfverlauf. Ein hermetischer Abschluß der aufgesetzten Zylinder wurde durch Unebenheiten der Löschblattoberfläche vermieden.

Die Kapillaritätsmessungen

Der Kapillaritätsversuch an ausgesprochenen Podsolprofilen zeigt das eben geschilderte Verhalten der einzelnen Schichten gewissermaßen von der entgegengesetzten Seite aus gesehen.

55 cm lange Glasrohre von etwa 1 cm innerer Weite wurden von 10 zu 10 cm markiert und mit einer Bürette sorgfältig ausgemessen. Dabei ergab sich eine Abweichung der einzelnen Rohre unter einander bis zu 2 Volumenprozenten. Bei einer Kontrollmessung an ein- und derselben Bodenprobe erreichten alle Rohre in den gleichen Zeitabständen dieselbe Steighöhe des Wasserspiegels. Bei den großen Unterschieden, die sich in der kapillaren Steiggeschwindigkeit des Wassers in den Bodenproben der verschiedenen Schichten ergaben, dürfen diese kleinen Abweichungen vernachlässigt werden. Nach dem Einfüllen einer 30 cm hohen Bodensäule wurden die mit Mull verschlossenen Röhren stets in der gleichen Weise durch Aufsetzen der Röhre erschüttert, um die Bodensäule zu einer annähernd gleichen Dichte zusammenzu-

stauchen. Nach dem völligen Füllen wurde dieser Vorgang wiederholt. Sämtliche Proben desselben Profils wurden gleichzeitig in einen Wassertrog derart eingesetzt, daß die Rohröffnungen frei im Wasser hingen. Die Zeitabstände der Ablesung der Steiggeschwindigkeit wurden mit der zunehmenden Steighöhe vergrößert.

Bei den beiden sandreichen Profilen der Ludwigsbaude und an der Iser erlahmt die Steiggeschwindigkeit am frühsten. Nach Ablauf von 1 bis 2 Stunden veränderte sie sich bei der Meßstelle an der Iser nur noch wenig. Bei dem Ludwigsbaudenprofil ist dieser Punkt erst nach, 5 Stunden erreicht. Ferner hielt hier der Anstieg schon über eine längere Zeitspanne an als bei dem Iserprofil. Bei den feinerdereichen Podsolprofilen kann man von einem merklichen Nachlassen des schnellen kapillaren Wasseranstiegs erst nach 15 bis 20 Stunden sprechen. Auch dann bewegt sich der Feuchtigkeitsrand immer noch deutlich aufwärts.

Die einzelnen Schichten der Profile zeigen deutliche Unterschiede, die fast bei allen Versuchen zu beobachten waren. Die Bodenproben des Einwaschhorizonts besitzen im Anfang die größte Steiggeschwindigkeit. Ihnen folgen mit kurzem Wegabstand die Proben aus den unveränderten Verwitterungsböden. Nach 1 bis 3 Stunden haben die letzteren durch ihre nicht abnehmende kapillare Steiggeschwindigkeit die Steighöhe der Einwaschbodenproben überholt und erreichen oft schon nach 15 Stunden das obere Ende des Steigrohres. Das Wasser in den Bleicherdeproben erlangt nach anfänglich größerer Steiggeschwindigkeit bald eine mittlere Geschwindigkeit, die auch nach mehrtägiger Beobachtung noch anhält. Diese Erscheinung der langanhaltenden mittleren Steiggeschwindigkeit des Kapillarwassers ist auch an den Bodenproben aus dem Einwaschhorizont zu bemerken. Daß hierfür in erster Linie der höhere Gehalt an feinen und feinsten Bodenteilchen wichtig ist, beweist das Verhalten der Bleicherdeprobe aus dem Iserprofil. Ein relativ geringer Feinerdegehalt reicht aus, um den kapillaren Anstieg des Wassers im Boden über 3 Tage hin zu ermöglichen. Im Verhältnis zu den Proben aus den übrigen Schichten desselben Bodenprofils ist diese langanhaltende Steiggeschwindigkeit besonders auffällig. Der anfänglich schnellste Wasseranstieg in den Bodenproben aus dem Einwaschhorizont ist durch die schlämmanalytischen Untersuchungen dieser Bodenschicht als Folge des großen Feinerdereichtums und der besonderen Oberflächenkräfte der Teilchenaggregate zu erklären.

Die Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit der Böden

Für die Ökologie der einzelnen Pflanzensiedlungen wird der mechanische Aufbau der einzelnen Bodenschicht bedeutsam, soweit er neben der Schichtdichte auch über den Wasser- und Lufthaushalt im Boden entscheidet. Schon ehe man den Boden schlämmte, hat man die Wasserdurchlässigkeit des Bodens beachtet. Den Durchlässigkeitsbestimmungen kommt zur Ergänzung der Luftkapazitätswerte eine besondere Bedeutung zu.

H. Burger 1926 lehnt die Untersuchung der einzelnen, aus ihrem Zusammenhang gelösten Schichtproben ab und mißt darum die Einsickerungsgeschwindigkeit mit Hilfe eines weiten und langen Zylinders, der bis zu einer gewissen Tiefe in den Boden getrieben wird. Sobald verschieden starke Podsolschichten vorliegen, deren Sickerungsgeschwindigkeit so gering ist, daß sie häufig

die Unterlage bilden für die Hangmoore, dürfte das Burgersche Verfahren im Freien nicht anwendbar sein. Für Rabishau steht dem Versuch nach Burger im Sommer der hohe Benetzungswiderstand entgegen. So lange man mit Hilfe der entnommenen Zylinderproben glaubt, zu einigermaßen verlässlichen Luftkapazitätswerten zu gelangen, liegt meiner Ansicht nach kein Grund dafür vor, dieselben Zylinderproben nicht auch zur Bestimmung der Sickergeschwindigkeit zu verwenden, wie es A. Engler 1919 getan hat. Außerdem müßte bei mehrschichtigen Podsolprofilen der Burgersche Sickerzylinder bis in den unbeeinflußten Verwitterungsboden reichen, um für das Profil geltende Werte zu erhalten. Diese Forderung dürfte bei steinigen Gebirgsböden unerfüllbar sein. Außerdem ist die Sickerungsgeschwindigkeit der Bleicherdeschichten gewöhnlich so gering, daß eine Messung unter freiem Himmel tagelang dauern würde. Wird aber vor dem Sickerversuch auch nur eine Bodenschicht abgedeckt, so kann man, ohne die Fehlergrenze beträchtlich zu erweitern, die Zylinder auch einzelnen Profilschichten vorsichtig entnehmen, um sie getrennt zu untersuchen.

Um zu möglichst vergleichbaren Werten zu gelangen, wurden die während 24 Stunden abgetropften Zylinder untersucht. Ein leerer Zylinder wurde mittels Gummidichtung aufgesetzt. Das Sickerwasser wird rasch in den leeren Zylinder eingegossen, wobei die Bodenoberfläche durch ein geeignetes Gerät vor Spülschäden geschützt werden muß. Der Wasserstand im aufgesetzten Zylinder kann leicht in gleicher Höhe erhalten werden, da die Humusproben schnellen Durchfluß gestatten. Bei den Mineralerdeproben erfolgt der Durchfluß wesentlich langsamer, so daß ein Nachfüllen in größeren Zeitabständen ausreicht. Da bei jeder Durchflußbestimmung an demselben Zylinder die Durchsickerungsgeschwindigkeit des Wassers zunimmt (Burger 1926), kommen nur kleine Wassermengen zur Anwendung. Während des Versuchs hingen die Zylinder mittels geeigneter Blechringe in Jenaer Kochbecher hinein, so daß der Austritt des Sickerwassers gut zu beobachten war.

Die ermittelten Sickermengen wurden auf Liter je 24 Stunden umgerechnet und in die Tab. n1 eingetragen. Auch hier kann man trotz zahlreicher Einzelversuche nur zu Gruppengrenzwerten gelangen, deren absoluter Betrag selten überschritten wird. Die Darstellung einzelner untersuchter Proben ist bei den großen Standortsunterschieden auf engstem Raum kaum für ähnliche Verhältnisse typisch.

Die Durchflußmenge ist in der Zeiteinheit für die Humushorizonte natürlich am größten. Die höchsten beobachteten Werte erreicht die oberste Bodenschicht unter Petasites alb. im Fichtenwald auf dem Buchberg: 1080. Der Humus unter reinen Siedlungen von Vaccinium myrt. ließ sehr verschieden große Wassermengen durchfließen: 3,0 bis 580. Ohne eingehende Humusuntersuchung bleibt diese große Schwankungsbreite trotz der hohen Fehlermöglichkeit unerklärlich. Nach den Beobachtungen am Profil möchte ich die höheren Werte für die wahrscheinlich richtigeren halten. Trotzdem ist der Minimalwert als ausdrücklich zuverlässig im Analysenprotokoll hervorgehoben worden. Für Calamagrostis liegen die Grenzen zwischen 10,5 und 250. Die untere Grenze wurde durch 1,5 im Moorwald und die obere Grenze durch 490 an der Ludwigsbaude (Calamagrostis ar.) einmal überschritten. Diese Extreme zeigen die große Anpassungsfähigkeit von Calamagrostis an die verschiedensten

edaphischen Faktoren, wie sie auch später bei den Aziditäts- und Humusuntersuchungen sich ergibt. Für Aira flex. liegen die Werte zwischen 9,2 und 331. Die Durchflußwerte für die unbesiedelte Fichtenstreu liegen weit auseinander und scheinen lockere Beziehung zu der Niederschlagsmenge des Standorts und zu dem Zersetzungszustand des Humus zu haben. Das Maximum mit 915 liegt im niederschlagsarmen Rabishau (Benetzungswiderstand). Die Minimawerte mit 1 bis 7,1 liegen in den höheren Gebirgslagen. Von einzelnen vergleichsweise herangezogenen Humusarten sind die Werte für Oxalis acet. 13 bis 303, für Asperula od. 13 bis 707, für Nephrodium dryop. 7 bis 194, für Rubus id. 43 bis 238 und für Dicranum scop. 43 und 74. Auf das Ganze gesehen sind die Grenzen bei den Durchflußbestimmungen der Humusarten überall sehr weit. Die optimalen Werte hinsichtlich der Gunst der Humusverfassung werden in der Mitte liegen. Im ganzen scheinen diese Grenzen mit den bereits erörterten Standortsbedingungen gut übereinzustimmen.

Die ermittelten Durchflußmengen der Mineralbodenschichten fügen sich in das bisher gegebene Bild sehr gut ein. Nach den fast undurchlässigen Moorproben lassen die Bleicherdeschichten die geringsten Wassermengen durchfließen. Nur mit Hilfe von Paraffinabdichtungen können die Sickerversuche an diesen dichten Bodenschichten einigermaßen verläßliche Vergleichswerte ergeben. Die Mengen bewegen sich zwischen 0,01 und 2,5. Daher bilden sich in der Kammzone unter Calamagrostis jene schmierigen Humusformen (vgl. Durchfluß und Durchlüftung), weil der Humus über der dichten Bleicherde stets Senkwasser führt. Für die noch weniger dichten Schichten an den Untersuchungsstellen: Queis, Sandberg, Hemmrich, Rabishau und auch für das wenig podsolierte Profil an der Kreuzung liegen die Werte zwischen 1,0 und 20. Für das Iserprofil (durchlässiger Sand) und den Buchenbestand am Buchberg sind die Wertgrenzen 9 und 20. Auch in dem von Bächen angehäuften Boden an der Ludwigsbaude findet man so hohe Werte. Der Fichtenbestand am Buchberg besitzt dagegen nur Werte zwischen 0,6 und 8,4.

Im Illuvialhorizont steigen die Werte im Bleicherdegebiet zum Teil wieder bis auf das 10fache an, während sie in den trocken gelagerten Hangprofilen weiter absinken, aber noch immer im Verhältnis zu den Podsolprofilen hoch sind.

Innerhalb der Schicht des wenig beeinflußten Verwitterungsbodens nimmt die Durchlässigkeit meist wieder ab, nur bei zunehmendem Steingehalt bleibt auch hier die Durchflußmenge relativ hoch. Bei beiden Buchbergprofilen steht die tiefste Schicht an Dichte den tiefsten Schichten der Bleicherdezone nicht nach. Sie enthält zugleich die größte Wassermenge, da sie dem anstehenden Gestein unmittelbar aufliegt und in ihr sich das Niederschlagswasser hangabwärts bewegt. Die Unterschiede in den Durchflußzeiten sind größer als die der Luftkapazitäten, folglich ist es nach H. Burger 1922 möglich, durch Luftkapazitätsbestimmungen nicht erfaßbare Verdichtungen auf diesem Wege analytisch zu verfolgen.

Die Bestimmung der Durchlüftungsmöglichkeit der Böden

Die Messungen der Durchflußgeschwindigkeit sagen nichts aus über die Durchlüftungsmöglichkeit der einzelnen Bodenschichten. Zwar werden die von Wasser schnell durchflossenen Bodenzylinderproben auch dem Luftdurchtritt die geringste Hemmung entgegensetzen.

Nach den Untersuchungen von L. G. Romell 1922 ist der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens von ausschlaggebender Bedeutung für die Durchlüftung. Um die später folgenden Bodenluftuntersuchungen durch die Durchlüftungsmöglichkeit der einzelnen Schichten erklären zu können, war es nötig, die bodengefüllten Zylinder bei geringem Luftdruck durchströmen zu lassen und die Hemmung der Strömungsgeschwindigkeit als Maß für die Durchlüftungsmöglichkeit anzunehmen.

Ich verband eine 3 1/2 l große gefüllte Wasserflasche durch eine dichte Glasrohrleitung mit einer leeren 2740 ccm fassenden Luftflasche. Durch das aus der in konstanter Höhe befindlichen Wasserflasche ausfließende Wasser wurde ein Luftstrom mittels eines Glasaufsatzes durch den Bodenzylinder gedrückt. Glasaufsatz und Zylinder wurden durch Gummischlauch und Paraffin dicht mit einander verbunden. Mißt man vor und nach dem Versuch die Strömungsgeschwindigkeit bei leerem Bodenzylinder, so erübrigen sich Temperatur- und Luftdruckkorrekturfaktoren. Die Zeitdifferenz zwischen Leerlauf und Bodendurchlauf ist bei stets gleichbleibenden Versuchsbedingungen eine reproduzierbare Vergleichszahl, die als Ausdruck für die Durchlüftungsmöglichkeit der Bodenschicht angesehen werden kann.

Für den Waldboden im humiden Gebiet ist für die Luftbewegung innerhalb der Schichten des Bodenprofils das eindringende Regen- oder Schmelzwasser das größte Hemmnis, so daß man nur in der trokkensten Sommerzeit im Bereich der Kammzone Bodenluftproben aus größerer Tiefe absaugen kann. Diesen Einfluß des Wassers auf die Durchlüftungsmöglichkeit der einzelnen Bodenschichten kann man im Feld kaum ermitteln.

Experimentell habe ich versucht, eine grobe Vergleichszahl dadurch zu finden, daß nach der Durchlüftungsmessung an der naturfeuchten Probe derselbe Versuch wiederholt wurde, wobei der Bodenzylinder mit der Luftzuleitung in einem Wassertrog derart befestigt wurde, daß der Zylinder annähernd senkrecht stand und sein oberes Ende, an dem die Luft austrat, etwa 3 cm unterhalb des Wasserspiegels sich befand. Den größeren Durchströmungswiderstand halte ich neben der inzwischen eingetretenen Wassermenge für geeignet, das Verhalten der einzelnen Bodenschichten gegen Bodenluftströmungen bei eindringendem Wasser zu kennzeichnen. Die ermittelten Zeitdifferenzen sind für beide Versuche in der Tab. n2 eingetragen. Neben der naturfeuchten Zylinderprobe wurden die Bodenproben nach 24stündigem Vertropfen durchlüftet, um einigermaßen vergleichbare Ausgangszustände zu haben. Die Luftströmungsgeschwindigkeit muß für die zu untersuchende Bodenart im Vorversuch ermittelt werden. Bei zu starkem Druck gehen die feinen Unterschiede verloren, bei zu schwachem Druck laufen fast sämtliche Mineralbodenproben in allerkürzester Zeit in sich tot, d.h. der Luftdurchtritt hört auf. Um die Messungen an allen Schichten mit einander vergleichen zu können, ist daher ein mittleres Druckgefälle nötig. Für die Proben, die dennoch den Luftdurchtritt unterbrochen haben, wurde die Zeit, in der diese Erscheinung eintrat, und die ausgeflossene Wassermenge in Volumenprozenten der Luftbehälterflasche angegeben. Bei einigen Bodenproben wurde innerhalb kürzester Zeit der Luftdurchtritt so gering, daß das dafür in den Luftbehälter eintretende Wasser nur tropfenweise aus der Zuleitung zufloß. Solche Versuche wurden nach längerer Zeit

abgebrochen, sobald nur noch zwei Tropfen in 5 Sekunden durchflossen. Auch hier wurden die Zeit und die Volumenprozente wie oben angegeben.

Für die einzelnen Humusarten lassen sich erst nach längeren Versuchsreihen brauchbare Vergleichswerte für die naturfeuchten Proben angeben, da durch die jahreszeitlichen Schwankungen des Wassergehalts der frischen Bodenprobe die Werte beeinflußt werden. Anscheinend ändert sich auch die Quellfähigkeit der Humusteilchen bei genügend lange anhaltender oder fehlender Wassereinwirkung.

Im Verhalten der Humusarten gegen das eindringende Wasser ist durch Vergleich festzustellen, daß Airahumus den Luftdurchfluß gegen eindringendes Wasser am wenigsten hemmt. Bei Streu und Myrtillus nimmt die Bremsung zu, bei dem schmierigen Calamagrostishumus ist sie am größten. Nach 24 stündigem Abtropfen läßt Myrtillushumus die Luft am schnellsten durchfließen, etwas länger erfolgt der Durchfluß bei Aira, deutlich langsamer erfolgt er bei der vegetationslosen Streu und am langsamsten bei Calamagrostis. Eine auflockernde Tätigkeit der Gräser auf Rohhumus übt daher nur Aira flex. aus, dagegen liegt der Humus unter Calamagrostis darum besonders dicht, weil durch die vielen verfilzten Wurzeln und Kriechtriebe ein schwer durchdringbares Gewirr entsteht.

Bei den Mineralbodenschichten ist im Bereich der ausgesprochenen Podsolböden die Verminderung der Durchlüftungsmöglichkeit von der Humus zum Bleicherdehorizont besonders groß. Der Einwaschhorizont besitzt aber die geringste Durchlüftungsmöglichkeit, was vor allem bei eindringendem Wasser und bei der Untersuchung vertropfter Proben auffällt. In der wenig veränderten Mineralbodenschicht nimmt die Durchlüftungsmöglichkeit wieder zu (Ramann 1911, Graser 1928). Am Steilhang und im Gebirgsvorland vermindert sich entsprechend der geringeren Podsolation allmählich die Durchlüftungsmöglichkeit mit steigender Tiefe. Die beginnende Podsolierung wird durch den zum Teil schroffen Abfall der Durchlüftungswerte deutlich. Die tiefsten Bodenschichten sind infolge ihres Feinerdereichtums recht undurchlässig. Es fehlen diesen Profilen aber noch jene zementartig dichten, undurchlässigen Schichten, wie sie in der Kammzone häufig zu beobachten sind.

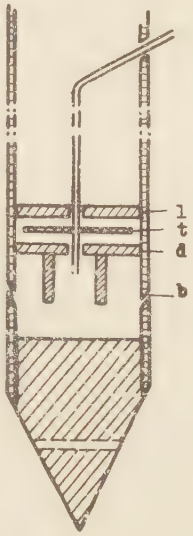
Die Bestimmung der Zusammensetzung der Bodenluft

Ein noch feineres Maß für die Durchlüftungsmöglichkeit der einzelnen Bodenschichten erhält man durch die chemische Analyse der Bodenluft. Das trockne Jahr 1934 begünstigte sehr die Probenentnahme. Die Untersuchungsergebnisse geben nur einen Anhalt für den Transport der von den Profilschichten produzierten CO_2-Menge, sie geben aber kein Maß für die CO_2-Produktion des Bodens, die mit zunehmender Tiefe dem Gehalt an organischer Substanz entsprechend abnimmt. Dabei ist die Bestimmung des Kohlensäuregehalts der Bodenluft zuverlässiger als die des Sauerstoffs. Die Sauerstoffzehrung muß aber zur Kontrolle mitbestimmt werden. Bei dicht gelagerten Böden mit geringer Luftkapazität kommt für diese Bestimmung nur der Mikrogasanalysenapparat nach Krogh (Romell 1922) in Frage in Verbindung mit der von Romell beschriebenen Absaugvorrichtung.

Für die Entnahme von Bodenluftproben aus den verschiedenen Bodentiefen habe ich mir nach einigen mißlungenen Vorversuchen aus einem nahtlosen Stahlrohr einen Bohrstock bauen lassen, der bei ge-

nügend guter Verlötung der Trägerscheibe (t) sehr wohl geeignet ist, auf steinigen oder hart gefrorenen Gebirgsböden verwendet zu werden.

An ein möglichst englumiges Messingrohr (innere Weite nicht über 1 mm) wird die Trägerscheibe t angelötet. Ein etwa 1,10 m langes, nicht zu hartes Mannesmannstahlrohr wird an einem Ende etwas ausgebohrt und innen mit einem e n g e n Gewinde versehen. In diese Öffnung schraubt man die Lagerscheibe l, deren Durchbohrung eben das leichte Durchstecken des engen Messingrohre gestattet. Eine zweite ebenso durchbohrte Druckscheibe d trägt zwei Dorne, die im zusammengesetzten Bohrstock das frei endende Messingrohr schützen und gleichzeitig zum Einsetzen und Entfernen der Scheibe dienen. Vor und hinter die Trägerscheibe des Messingrohres werden zwei gut passende 1 mm starke Gummischeiben gesteckt. Mit der Druckscheibe wird die Trägerscheibe gegen die Lagerscheibe gepreßt, wobei die dazwischenliegenden Gummischeiben die entstehende enge Luftkammer dicht gegen das obere Rohrvolumen abschließen. Das Ganze verschließt eine nicht zu kurze, stumpfe querdurchbohrte Stahlspitze, die leicht mit einem Dorn eingesetzt oder abgeschraubt werden kann. In die untere Luftkammer reichen zwei sich gegenüberstehende, abwärts gerichtete Bohrlöcher b, die beim Eintreiben des Bohrstocks in den Boden offen bleiben. Dringt bei dem Herausziehen des Bohrstocks Erde ein, so kann sie leicht durch die abschraubbare Stahlspitze entfernt werden. Das obere Ende des Stahlrohres war seitlich schräg durchbohrt, um das Messingrohr austreten zu lassen. Ein enger Gummischlauch stellt die Verbindung mit der Absaugvorrichtung her. Zum Eintreiben des Bohrstockes habe ich den Kopf eines Bodenbohrstockes benutzt, wie er von der geologischen Landesanstalt Berlin verwendet wird. Dieser Kopf wird einem kurzen Stahlstempel aufgesetzt, der eben in das Volumen des Stahlrohres hineinpaßt. Dabei lag zwischen Kopf und Bodenbohrstock eine starke Stahlfeder, um die Wucht der Holzhammerschläge dann genügend zu dämpfen, wenn die Stockspitze auf einen Stein stößt. Der Bohrstock trug in Abständen von 10 cm eingefeilte Marken, die eine genaue Tiefenangabe ermöglichen. Der dichte Abschluß der engen Bodenluftkammer muß nach starken Erschütterungen immer wieder nachgeprüft werden. Diese Prüfung läßt sich leicht im Walde ausführen, indem man das untere Ende des Bohrstockes in einen Bach taucht und vom oberen Ende des weiten Rohres hineinbläst. In Ermanglung von Wasser kann man auch im Winter am Messingrohr saugen und die beiden Eintrittslöcher für die Bodenluft mit feuchten Fingern verschließen. Auch hier muß man wie bei den Zylinderproben häufig erneut ansetzen, ehe man ein Bodenluftprofil bis in die Tiefe hinab verwenden kann. Nach der Vorschrift von L. G. Romell 1922 habe ich vor dem Absaugen den Boden mit einem dicken weichen Lehmbrei abgedeckt etwa in einer Fläche mit einem Durchmesser von 60 bis 80 cm.



Der Bodenluftbohrstock

Die Absaugvorrichtung und die Bodenluftrezipienten mit der erforderlichen Hg-Menge und dem nötigen Gerät waren in einer leicht tragbaren Kiste fest eingebaut, so daß die ganze Apparatur ohne Gefahr auch beim Schneeschuhlaufen mitgeführt werden konnte. Alle Bodenluftproben wurden erst im Laboratorium nach der von A. Krogh 1926 angegebenen Methode untersucht unter Zuhilfenahme von angesäuertem Glyzerin. Die der gasvolumetrischen Messung dienenden Apparate sind auch bei L. G. Romell 1922 abgebildet. Aus jeder Tiefe wurden 2 Rezipienten mit Bodenluft derselben Schicht gefüllt und von jeder dieser Proben 2 Analysen ausgeführt, so daß hinter jedem Wert der Tabelle p vier Analysen stehen.

Nach den Untersuchungen von L. G. Romell 1922 ist für Waldböden die Diffusion der Waldbodenluft wahrscheinlich der einzige wirksame Faktor, der für die Bodenventilation in Frage kommt. Die Geschwindigkeit der Oxydationsprozesse, das Druckgefälle und der Diffusionswiderstand regeln die Diffusionsgeschwindigkeit. H. Lundegårdh 1924. Bei durchlässigen Böden kommt dem absickernden Regen oder Tauwasser große Bedeutung zu für die Luftbewegung innerhalb des Bodenprofils. Bei dichten Böden werden die Bodenporen durch den Regen verschlossen (vgl. Durchlüftung), so daß die aktiven Schichten ihren Luftbedarf von unten decken müssen.

Die schwierige Probenentnahme, der teilweise schnelle Wechsel der Zusammensetzung der Bodenluft (Romell 1922) würde eine stete Messung der Zusammensetzung der Bodenluft eines einzigen Standorts erfordern, wenn ein Bild der jahreszeitlichen Schwankungen der Zusammensetzung der Bodenluft daraus entstehen soll. Eine solche Kurve wäre die Resultante aus CO_2-Produktion des Bodens und dem durch die Bodenfeuchtigkeit bestimmten Diffusionswiderstand. Wie bei allen voraufgegangenen Untersuchungen ist auch hier der Einzelwert und der Durchschnittswert von geringer Bedeutung. Ich habe daher im Zusammenhang mit der mechanischen Bodenanalyse und den noch folgenden chemischen Humusanalysen versucht, an bereits definierten Standorten die Zusammensetzung der Bodenluft unter verschiedenen Artsiedlungen gleichzeitig zu messen.

Obgleich eine ganze Anzahl Messungen zu verschiedenen Jahreszeiten am gleichen Standort ausgeführt wurden, darf wegen der Standortsunterschiede auf engstem Raum aus den Ergebnissen nur als wahrscheinlich gefolgert werden, daß bei zunehmender Bodenfeuchtigkeit am gleichen Standort der CO_2-Gehalt der Bodenluft ansteigt. Für die Kammzone gilt, daß nur während der Monate, in denen in der Humusschicht die geringste Wassermenge vorhanden ist (Ende Mai-Juni, August und September), eine Bodenluftentnahme aus tieferen Schichten überhaupt möglich ist. An der Hütte habe ich vergeblich immer wieder versucht, zu Proben zu gelangen, es war aber meist schon in der Humusschicht unmöglich, auch nur 1 Luftbläschen abzusaugen. Der schmierige Calamagrostishumus wird mit zunehmendem Alter und Stärke der Bleicherdeschicht mehr und mehr anmoorig. Der grusigere jüngere Boden an der Nordseite ließ weit häufiger Bodenluftentnahmen zu. Bei nassen Standorten ist bereits 5 cm unter der Humusoberfläche auch in der trockensten Zeit nur Wasser absaugbar. Die vom Moorwald angeführten Untersuchungen waren im April nur bei Bodenfrost, im Juli aber erst am Ende der großen Dürrezeit möglich. Zu dieser Zeit war die Moordecke im Bereich der Baumwurzeln von vielen bis handbreiten Trockenrissen durchzogen. Unterhalb des obersten Teiles der Bleicherdeschicht habe ich mich in der Kammzone zu

allen Jahreszeiten vergeblich bemüht, eine Bodenluftprobe zu erhalten. Auch am Steilhang war aus den Bleicherde- und Einwaschhorizonten nie Luft absaugbar, dagegen konnte man knapp darunter ohne Mühe Luft erhalten. Abgesehen von den bereits als locker gelagert bekannten Meßstellen: an der Iser, Queis, Rabishau, Ludwigsbaude und Hemmrich wurde selten aus mehr als 40 cm Tiefe eine Luftprobe erhalten. Es kann nicht genug hervorgehoben werden, daß sämtliche Bodenluftprofile am nördlichen Steilhang gute Durchlüftungsverhältnisse zeigten, so daß eine stärkere Buchenuntermischung durchaus möglich ist. Die Schwankungen des CO_2-Überschusses bei zunehmender Tiefe sind im Mineralboden geringer als innerhalb oder eben unter der Humusschicht der einzelnen Artsiedlungen. Auffällig ist dagegen, daß bei ein- und demselben Bodenluftbohrloch der CO_2-Überschuß höher sein kann unter der dichten und feuchten Humusschicht (Streu im August an der Ludwigsbaude, Dicranum im September am Queis, Streu im August in Rabishau) als in dem darunter liegenden Mineralboden. Da es sich in allen Fällen um feuchten, dichten Humus handelt, mit einer darunter liegenden Bleicherdeschicht, dürfte der geringere CO_2-Überschuß des Mineralbodens durch Diffusion benachbarter besser durchlüfteter Teile zu erklären sein (Romell 1922).

Bezüglich der Unterschiede zwischen den Humusarten scheint Airahumus infolge höherer Feuchtigkeit höhere CO_2-Werte zu besitzen als die trockene Streu und die Myrtillusprobe. Sobald aber von diesen letzten 2 Humusarten ähnlich feuchte Proben analysiert werden, kehrt sich das Verhältnis um. Die günstigste Bodenluftzusammensetzung fand ich am Buchberg unter Petasites alb., wo bis in 40 cm Tiefe trotz der vorhandenen Feuchtigkeit bei hervorragender Graupenkrümelung im Mai nur 0,3 % CO_2 gemessen wurden. Auch die übrigen Bodenluftuntersuchungen in Buchen- und Buchenmischwäldern stehen im schroffen Gegensatz zu den Untersuchungen im Fichtenwald. Dabei ist der Einfluß der Baumart weniger ein unmittelbarer durch die Wurzeltätigkeit als ein mittelbarer durch die Streu und deren Einfluß auf das Bodengefüge. Den höchsten CO_2-Überschuß ergab eine Bodenluftprobe aus 8 cm Tiefe unter Dicranum scop. im Moorwald am 31. 7., dem letzten Tag der großen Dürre. Die wiederholt nachgeprüfte Bodenluftprobe enthielt 4,3 % CO_2 und 12,5 % O_2 (keine Wurzelarbeit); bereits 2 cm tiefer konnte nur Wasser abgesaugt werden. Die übrigen Bodenluftanalysen am gleichen Standort sind durch die starke Austrocknung des Moores sehr viel niedriger. Im April wurde bei 6 cm Frost am gleichen Standort 2,6 % CO_2 gemessen. Versuche, im Herbst Bodenluft abzusaugen, waren vergeblich. Angesichts der günstigen Umstände sind für normalfeuchte Jahre die ungünstigeren Werte die typischen für diese Stelle.

Nach Lundegårdh 1924 liegt die untere Vergiftungsgrenze für die Pflanzen bei 1 bis 2 % CO_2. Bei 5 % treten bereits starke Hemmungen auf. Der gleiche Verfasser beschreibt S. 165 einen versumpften Fichtenwald, in dem er in 15 cm Tiefe 6 % CO_2 fand. Eine dauernde Schädigung tritt erst bei andauernder CO_2-Überfüllung auf, wie sie z.B. im Moorwald und an der Hütte in der kühlen Jahreszeit eintritt (Wurmbach 1935). Dadurch erfolgt eine scharfe Auslese der ansiedlungsfähigen Assoziationsteilnehmer.

Es kann daher nicht Wunder nehmen, wenn man nur hier und an ähnlich vermoorten Waldteilen besonders ausgebildete und gelagerte Fichtenwurzelspitzen findet. Während die zum Vergleich von trockneren Standorten eingesammelten Wurzelspitzen selten stärker wurden

als 1 bis 2 mm, erreichen sie hier den doppelten Durchmesser. Auffällig ist besonders ihre Lagerung. Entfernt man vorsichtig Polsterteile von Sphagnumarten oder von Dicranum maj., so findet man, daß diese kurzen, dicken, silbrigweißen Wurzelspitzen den Boden verlassend schief aufwärts einige Zentimeter in den wasserdampfgesättigten Innenraum des Moospolsters hineinragen. Wie weit diese Beobachtung sich mit der von G. Morosow 1928, S. 190 beschriebenen Erscheinung eines negativen Geotropismus an Fichtenwurzeln deckt, ist mir unbekannt. Die weitere Entwicklung dieser Wurzelspitzen habe ich bisher nicht verfolgen können; sie scheinen ein von den übrigen schwächeren Wurzeln getrenntes Schicksal zu haben. Ich beobachtete verholzte Wurzelenden, die aus dem Humus herausragten, an deren Spitze zwei der beschriebenen Wurzelspitzen sich entwickelten. Dem Wurzelverlauf folgend kann man gewöhnlich wieder ein allmähliches Abnehmen des übernormalen Durchmessers feststellen. Die eingehende Untersuchung dieser Erscheinung soll auch anatomisch sobald als möglich nachgeholt werden. Erwähnenswert ist, daß nur an vernaßten und vermoorten Stellen mit zeitweiliger Wasserüberfüllung der Humusschichten diese Erscheinung im Isergebirge zu beobachten ist. Am gleichen Standort zeigen die Fichtenstämme windbedingte exzentrische Wurzelanläufe, deren Dickenwachstum nach unten gehemmt ist.

Trotzdem die vielen durchgeführten Bodenluftuntersuchungen mehr durch ihre Undurchführbarkeit als durch die erhaltenen Analysenwerte einen Betrag zur Standortsbeschreibung liefern, glaube ich, daß bei verbesserter Untersuchungsmethodik aus derartigen Untersuchungen sich Wesentliches für die Erforschung der Streuzersetzung ergeben wird; denn Gehalt und Zusammensetzung der Bodenluft sind für humide Gebiete von derselben Bedeutung wie die Bodenwasserverhältnisse für die ariden Gebiete. (G. Dojarenko 1927.)

Abtropfwägung, Durchflußmessung und Durchlüftungsversuch sind wie die Ergebnisse der Wasser- und Luftkapazitätsbestimmungen von der Genauigkeit der Bodenzylindermethode abhängig. Die Übereinstimmung der Ergebnisse entspricht der Bestätigung einer Analyse durch ihre Paralleluntersuchung. Unabhängig von der Zylindermethode können die Schlämmanalysen, der Kapillarversuch und die Bodenluftanalyse die angegebenen Luftkapazitätsgrenzen besser stützen.

Der ermittelten Wasser- und Luftkapazitätswerte

Die Zusammenstellung der Luftkapazitätsgrenzen (Tab. 8) faßt die geschilderten Profilverhältnisse gewissermaßen nochmals zusammen, so daß hier auf die tabellarische Gegenüberstellung der Untersuchungsergebnisse zur Charakteristik der verschiedenen Standorte hingewiesen werden kann. Weit außerhalb der angegebenen Kapazitätsgrenzen stehen einige Einzelproben, an denen Maxima der Luftkapazität festgestellt wurden, die durch die verschiedenen Frostformen der Humusschichten bedingt waren. Von den durch P. Kokkonen 1926 unterschiedenen Bodenfroststrukturen wurde Kammeis nur auf nacktem Mineralboden beobachtet. Der hohlräumige Bodenfrost mit eisausgekleideten Bodenhohlräumen findet sich hauptsächlich im Humus unter Streu, Myrtillus und Aira, der Wassergehalt und die Porengröße sind dabei sehr verschieden. Massiver Bodenfrost wurde besonders in der Bleicherdeschicht, im Calamagrostishumus und in der obersten Mineralbodenschicht im Fichtenreinbestand am Buchberg beobachtet. Nach Kokkonen ist diese letzte Frostform nur bei Böden zu beobachten, die

in Einzelkornstruktur lagern. Die Luftkapazitätswerte nehmen hier nur wenig zu und überschreiten den Rahmen der üblichen Schwankungsbreite kaum.

Durch den hohlräumigen Bodenfrost wurden im Moorwald die Luftkapazitätswerte am weitesten überschritten: von 6 bis 9 % der obersten Humusschicht auf 16 bis 40 %; in der darunterliegenden Humusstoffschicht von 1 bis 3 % auf 10 bis 14 %. Ähnlich ist der Frosteinfluß am Flinsberger Hang: die obere Grenze von 13,8 % wurde überschritten durch 15,4 bis 19,8 %. An der Iser wurde die obere Grenze von 11,8 % bis zu 25,6 % überschritten; an der Kreuzung tritt an die Stelle von 15,0 % ein Maximum von 25,5 %. An der Hütte unter Calamagrostis wurde meist massiver Bodenfrost vorgefunden. Am Steilhang war selten tiefreichender Frost zu beobachten, auch scheint durch den geringeren Wassergehalt die Luftkapazität bei Frostwetter wenig zuzunehmen. Auf das Ganze gesehen sind aber die physikalischen Eigenschaften der Böden nicht günstig, wie es bei dem Vorherrschen lehmiger Sande nicht anders zu erwarten ist.

Die Untersuchung der jahreszeitlichen Schwankungen des Gehalts an Bodenwasser unter den beschriebenen Assoziationen

Der Wald ist ein großer Feuchtigkeitsverbraucher, nur auf gesunden Waldböden wird der Verlust durch Verdunstung und Abfluß sehr gering. Der Gesamtwasserhaushalt des Bodens wirkt bestimmend auf die Bodenbildung ein. Andererseits zeigen die entstandenen Profilschichten je nach Körnung und Lagerung abweichende jahreszeitliche Bodenwasserspeicherung.

Durch die monatlich sich wiederholenden Untersuchungen der Profile hatte ich gehofft, mit Hilfe der Zylindermethode ein Bild des Wandels einiger Bodenfaktoren geben zu können. Doch selbst ein auf 16 qm beschränkter Versuchsfleck bietet trotz sorgfältiger Probenentnahme horizontal und vertikal so weit von einander abweichende Verhältnisse (Köttgen 1926, Lemmermann 1933), daß die geringen jahreszeitlichen Schwankungen verloren gehen. Nur der Wasserhaushalt des Bodens wird recht genau erfaßt. Den niederschlagreichsten Sommermonaten steht ein Minimum an Bodenfeuchtigkeit gegenüber. Streng genommen sind die Werte nicht vergleichbar, da eine Niederschlagssumme über den ganzen Monat e i n e r Bodenfeuchtigkeitsmessung gegenübergestellt wird, die willkürlich an einem Tag im größeren Abstand vom letztgefallenen Regen angestellt wurde. Auch ergiebige kurze Sommerniederschläge bewirken nur eine kurzfristige Veränderung der Bodenfeuchtigkeit. Nur im Einwaschhorizont oder im fast unberührten Verwitterungsboden wird ein größerer Einfluß bemerkbar. Erst im Oktober bei stark herabgesetzter Temperatur ändern die Niederschläge die Bodenfeuchtigkeit in der Kamm- und Steilzone. Die Zeit des erhöhten Wasserverbrauchs der Baum- und Krautschicht ist vorüber. Von nun an herrscht in den oberen Bodenschichten größere Feuchtigkeit. Die Schwankungen sind von den Schneeverhältnissen abhängig. Mit dem Einsetzen des Tauwetters erreicht die Feuchtigkeit in den oberen Bodenschichten überall im Gebirge das Maximum (Wollny 1894). In den tieferen Schichten wird dieses Stadium später erreicht je nach der Durchlässigkeit des Profils. Im Bereich der langsamsten Schneeschmelze (Flinsberger Hang) ist der einmalige Tauwassereinfluß am geringsten. Für die Kammzone fällt die Schneeschmelze in die Zeit vom

April bis Mai, für die Steilzone liegt sie im März, für das Gebirgsvorland im Februar. Gegen den warmen Mai hin nimmt der Feuchtigkeitsgehalt schnell ab und erreicht im Juni-Juli das Minimum, um dann erneut gegen den Herbst hin anzusteigen. In den tieferen Bodenschichten der Kammzone tritt das Minimum meist im Herbst erst ein, im Gebirgsvorland und auf der Steilzone fällt es mit dem Minimum der oberen Schichten zusammen. Der Wassergehalt der tiefsten Bodenschichten ist ausgeglichener und zeigt die Bewegungen der Wassergehaltskurve der oberen Schichten häufig mit Verspätung. In dem Einwaschhorizont und in dem angrenzenden Verwitterungsboden erfolgt während des Winters, solange die Schneedecke anhält, eine Abnahme der Bodenfeuchtigkeit durch den Bedarf des Baumbestandes.

Obgleich monatlich nur eine einmalige Bestimmung des Verbrauchswassers stattgefunden hat und die wirklich vorkommenden Extreme dadurch nicht erfaßt worden sind, gibt ein Vergleich der Verbrauchswasserminima mit den Verbrauchswassermaxima eine für die geschichteten Profile der verschiedenen morphologischen Zonen charakteristische Reihe. Vergleicht man in der Tab. 9 die im Beobachtungsjahr ermittelten Bedarfswasserminima in den einzelnen Schichten ein- und desselben Profils, so wird bei sämtlichen Profilen der Kammzone mit zunehmender Tiefe der Wassergehalt geringer. Bei den Profilen der Steilzone und des Gebirgsvorlandes werden die gleichen Werte mit zunehmender Tiefe größer (Übereinstimmung mit W. Freckmann 1936). Gestört wird dieser Auf- und Abstieg durch vorhandene Bleich- oder Einwaschhorizonte, und zwar liegt anscheinend bei extremer Ausbleichung ein die Reihe durchbrechendes Verbrauchswassermaximum im Bleicherdehorizont (Moorwald), während bei anfänglicher Bleichung diese Erscheinung in den Einwaschhorizont fällt. (Kreuzung, Rabishau. Vgl. die Beobachtung bei der Schlämmanalyse nach chemischer Vorbehandlung, daß im Einwaschhorizont die anfängliche Ausbleichung durch Zunahme der feinsten Bodenteilchen zuerst auffällt). Diese Beobachtung entspricht der hohen Wasserkapazität der feinerdereichen Schichten. Den Pflanzenwurzeln brauchen darum in diesen Schichten nicht besondere Wasserreserven zur Verfügung zu stehen, denn nach L. Smolik 1933 ist die den Pflanzen n i c h t zugängliche Feuchtigkeitsmenge umso größer, je mehr Kolloide im Boden enthalten sind.

Weil am Flinsberger Hang ein Profil unter Aira, im Blaubeerwald eins unter Myrtillus untersucht wurde, kehren sich hier den übrigen Untersuchungsstellen mit Calamagrostis gegenüber die Verhältnisse der Humusschichten zu den Bleicherdeschichten um (vgl. Wasserbestimmung der Humusarten). Bei dem Profil an der Hütte liegt der wenig erhöhte Wassergehalt der fast unberührten Verwitterungsschicht innerhalb der Meßfehlergrenze. Im Gebiet der Steil- und Vorgebirgszone erklärt sich die Durchbrechung der typischen Zunahme der Bedarfswasserminima mit der Tiefenzunahme durch den schon bei der Schlämmanalyse festgestellten Feinerdereichtum ohne Vorhandensein einer Bleichschicht. Auch zeigen nach O. Tamm 1934 Kalifeldspatpartikelchen große Affinität zum Wasser. Eine besondere Betonung dieses Gegensatzes zwischen den Verhältnissen der Steil- und Kammzone sehe ich darin, daß beide Buchbergprofile wegen ihres mineralogisch abweichenden Grundgestein und der hohen Reliefenergie der Steilzone zuzurechnen sind, trotzdem sie im Bereich der perhumiden Kammzone liegen. Zur Zeit der Bodenwasserminima sind die Unterschiede im Wassergehalt der einzelnen Schichten zum Teil am größten.

Da die Bodenteilchen der Größe 0,02 bis 0,05 mm nach den Atterbergschen Versuchen (Braun-Blanquet 1928, S. 178) ein Maximum an Steighöhe und Steiggeschwindigkeit bei dem Kapillarversuch (siehe auch S. 81) besitzen und daher auch das gemessene Minimum des Bedarfswassers in der Bodenschicht über die zu erwartende Höhe hinaus zu erhalten vermögen, wurden durch die besprochenen Bedarfswasserbestimmungen die Ergebnisse der Schlämmanalysen nach chemischer Vorbehandlung bestätigt. Beide Untersuchungsarten weisen den großen Einfluß der verschiedenen Klimate, Neigungswinkel und Pflanzendecken der abgegrenzten morphologischen Zonen auf die Ausbildung des Bodenprofils nach.

Während die ermittelten Bedarfswasserminima im Jahresverlauf sicherlich wenig über den wirklichen Minima liegen, wird bei den ermittelten Bedarfswassermaxima der Abstand von dem wahren Maximum (Wasserkapazität) in den Bodenschichten viel größer sein, besonders bei den ungleichen Zeitabständen des Tages der Probeentnahme von dem Tage des größten Niederschlagsgenusses der Meßstelle. Dasselbe gilt dann auch für die maximale Schwankung des Bedarfswassergehaltes im Jahresverlauf. Da aber der höchste Wassergehalt der Bodenschichten im Winter liegt und im Sommer der größte Teil der Niederschläge als Dauer- oder Platzregen niedergeht, gleichen sich bereits wenige Tage nach dem Regenfall die Wasservorräte soweit aus, daß auch die maximale Bedarfswasserdifferenz zwischen den extremen Werten derselben Bodenschicht für die Charakterisierung der morphologischen Zonen herangezogen werden kann. Ich ermittelte das Verhältnis der maximalen Bedarfswasserschwankung in jeder Profilschicht derselben Meßstelle (Tab. 9, Spalte 2) und errechnete das Verhältnis zwischen dem Bedarfswasserminimum (= 100 gesetzt) und der maximalen Bedarfswasserschwankung (Spalte 3). Daraus ergeben sich für jedes Profil Zahlenreihen, die je nach der morphologischen Zone, der das Profil angehört, verschiedene Abstände der einzelnen Zahlen unter einander besitzen.

Bei den Profilen der Steil- und Vorgebirgszone (die Buchbergprofile eingeschlossen) werden diese Verhältnisse mit zunehmender Tiefe kleiner, außer beim Sandberg und dem Buchbergbuchenbestand. Für den ersten Ausnahmefall ist wieder die Körnung entscheidend. Für den zweiten Fall waren die Proben mit dem Bedarfswassermaximum durch Tauwasser triefend naß, so daß wenige Tage später sich die geradlinig absteigende Reihe ergeben hätte. Bei den Profilen der Kammzone steigen die Verhältniszahlen mit zunehmender Tiefe. Gestört werden diese Reihen wieder durch die Bodenhorizonte mit einem auffällig großen Gehalt an feinsten Bodenteilchen. Nach von Kruedener 1927 (S. 24) reguliert die Gesamtbodengestalt (Makrorelief) auch die Wasserbewegung unter der Erdoberfläche; das Teilrelief dagegen entscheidet über den Charakter der Standortsfazies.

In beiden Zonen ergeben sich wieder durch verschiedene Humusarten Unterschiede im Verhältnis der beiden obersten Bodenhorizonte zu einander. Die Unsicherheit des absoluten Betrages der Bedarfswasserextreme erschwert einen strengen Vergleich, dennoch wird dadurch die Abgrenzung der Kammzone gegenüber der Steil- und Vorgebirgszone mit den Buchbergprofilen nicht umgestoßen. Man findet hier den Satz von H. Walter 1932 bestätigt, daß die Bodenwasserverhältnisse oft in viel höherem Maße durch den Boden (und die Bodengestalt) als durch das Klima bestimmt werden.

Bei ausreichender Untersuchungshäufigkeit, nach Festlegung der geeigneten Zeit der Probenentnahme werden die beiden Vergleiche nicht nur für den Wasserhaushalt der einzelnen Schichten und das Gesamtprofil, sondern auch über die schwer durch Zahlenwerte ersetzbare Gleichung: Bodenwasser = Niederschlagsmenge - (Verdunstung + oberflächlicher Abfluß + Sickerwasser) einen guten Aufschluß geben können.

Die Bestimmung der verschiedenen Aziditätsformen

Von der Temperatur und den Niederschlägen sind vor allem die Humusbildung und der Auswaschvorgang abhängig. Durch den verschieden großen Basengehalt widersteht die Verwitterungsdecke eines Gesteins je nach dem Basenvorrat dem Vorgang der klimabedingten Bodenreifung verschieden stark. Humus und Ton werden nach G. Wiegner 1926 als kolloide Systeme aufgefaßt, deren Teilchen an ihrer Oberfläche Säurereste besitzen. Gegenüber dem Wasser verhalten sich die Humusstoffe wie Säuren, indem sie H^+ abdissoziieren und daher sauer reagieren. Das bedeutet, daß sämtliche mit der Bodensäure zusammenhängende Reaktionen auf primär austauschbaren H_2 zurückzuführen sind (Alten + Kurmies 1936). Dabei ist der Humus nicht wasserlöslich, sondern er geht im hochzersetzten Zustand bei Elektrolytmangel kolloid in Lösung, wobei die Teilchenoberflächen hydratisiert werden und H^+ in Lösung gehen. Vorhandene Säurereste der Humusteilchen werden bei Gegenwart von Salzen (besonders Calcium) teilweise oder ganz abgesättigt, so daß adsorptiv gesättigter Humus entsteht. Voraussetzung für diese chemischen Reaktionen ist immer die Allgegenwart des Wassers, ohne dessen hydrolytischer Spaltung H^+ nicht wirksam werden. Durch die hydrolytische Kraft des Wassers erfolgt der erste und fortan unablässig wirkende Hauptangriff auf das unzersetzte Gestein. Die Gesamtheit des Bodens als disperses System, in dem Humus und Mineralteile die disperse Phase, Wasser und Luft das Dispersionsmittel bilden, ist aber in ihrem Säuregrad von dem Gegenspiel der Kräfte aller Komponenten abhängig. Daher erfaßt man mit der pH-Messung nur einen für mehr oder weniger kurze Zeit geltenden Säurezustand, dessen Bedeutung durch die Bestimmung der anderen Aziditätsformen und durch Pufferungsuntersuchungen wesentlich verdeutlicht werden kann.

Die kolorimetrische pH-Messung mit dem Ionoskop nach der Vorschrift von G. Wiegner 1926 $_2$ war bei den zum Teil sehr stark durch kolloiden Humus gefärbten Wasserauszügen erschwert. Ferner ist nach H. Kappen 1931 und nach G. Deines u. Kleinschmidt 1932 das Filtrat kolorimetrisch und potentiometrisch unbrauchbar, so daß in der Tabelle r_{1+2} nur pH-Werte angegeben sind, die mit dem Präzisionspotentiometer nach Dr. Thrun mittels einer Chinhydronelektrode gemessen wurden. Nach W. Hoss 1932 ist die Platinelektrode durch verschiedene Stoffe, die auch im Boden vorkommen (z.B. Eiweiß), leicht zu vergiften. Vergiftete Platinelektroden lassen sich durch vorsichtiges Glühen regenerieren, sie werden allerdings leicht wieder vergiftet. Da die Behandlung der Bodenproben bis zur Messung den ermittelten pH-Wert beeinflußt, muß der Untersuchungshergang nach einem bestimmten Schema ablaufen. Kleine Abweichungen davon können spürbare Fehler hervorrufen (Elleder 1932). Von den Mineralbodenproben wurden stets 4 g lufttrockner Boden mit 10 ccm dest. Wasser versetzt, bei Humusproben wurde die doppelte Wassermenge angewendet. Die Untersuchung erfolgte nach 24 stündigem Stehen. Die pH-Untersuchung

naturfeuchter Bodenproben sofort nach der Grabung macht eine leichte Säureabnahme während des Sommers 1934 wahrscheinlich, der jedoch in Anbetracht der geringen Schwankung ($< 0,1$) kein besonderer Wert beizulegen ist (Novak u. Pelisek 1935, Uhl u. Bauer 1937), da Standortsunterschiede und wahrscheinlich auch Differenzen im Dispersionszustand des Humus darüber entscheiden. Am Anfang, am Ende und in der Mitte jeder Meßreihe wurden die Instrumente gegen die Standartacetatlösung geprüft. Die ausgeglühte Platinelektrode ergibt bei der Messung der Acetatlösung den richtigen pH-Wert dieser Lösung. Nach der Untersuchung einiger Humusproben aber ist der erhaltene Wert oft weniger sauer. Demnach hätte für exakte Angaben nach jeder Messung die Elektrode ausgeglüht werden müssen, eine Forderung, der bei der Untersuchung langer Versuchsreihen praktisch nicht Genüge geleistet werden kann. Ich habe daher nach dem Glühen der Elektrode die ersten zehn Bodenproben zweimal hinter einander untersucht und die bei der zweiten Messung erhaltenen pH-Werte als mit den späteren vergleichbar angenommen.

Nach den Untersuchungen von G. Deines 1933 und D. Feher 1936 ist der Wassergehalt der untersuchten Probe entscheidend für die Höhe des pH-Wertes. Allen diesen Schwierigkeiten kann man vielleicht am besten nach dem Vorschlag von K. Maiwald 1928 durch Anwendung eines Elektrodenbündels begegnen. Mit Rücksicht auf die vielen Fehlermöglichkeiten dürfte den Werten kaum eine größere Genauigkeit zukommen als $\pm$ 0,1 bis 0,2 pH-Einheiten. Umsomehr können erst aus oft wiederholten Untersuchungen desselben Bodenprofils für diesen Boden kennzeichnende pH-Werte hergeleitet werden. Daher wurden von allen gegrabenen Profilen sämtliche Schichten untersucht, und zwar gelangte der lufttrockene Boden in Wasseraufschlämmung und nach Zusatz von n/10 NaOH zu der Aufschwemmung derart, daß die Normalität der Gesamtprobe n/1000, n/167, n/110, n/43,4 bis n/20 NaOH betrug. Aus den erhaltenen Meßreihen wurden die am häufigsten wiederkehrenden Werte für jede Schicht des Profils in der Tabelle r zusammengestellt. Die Pufferung gegenüber n/10 HCl wurde nicht untersucht, da im Hinblick auf die Zurückführung der Fichtenreinbestände in Fichten-Buchenmischwald das Verhalten der obersten Bodenschichten gegen Basen wertvoll erscheint, um einen Einblick in den vorhandenen Säureüberschuß zu gewinnen.

Die Bestimmung der pH-Werte der Böden

Die Untersuchungen über den Säuregrad der Bodenschichten ergeben eine große Einförmigkeit der pH-Profile. Erwähnenswert ist nur das Steilhang-Profil am Queis, da es wegen seiner Lockerheit bis in die größte Tiefe hinab sehr saure Werte zeigt. Bei Berücksichtigung nur weniger extremer Standorte werden die Unterschiede wesentlich größer sein (pH-Bestimmung der Humusarten), daher wurde die Bedeutung der Bodenreaktion häufig überschätzt. Untersucht man dagegen wiederholt dieselben, gut ausgebildeten und genügend großen Artsiedlungen typischer Durchschnittsstandorte, so ergibt sich das dargestellte einförmige Bild. Anscheinend bestimmt der dichte Fichtenreinbestand durch den einheitlichen, stark sauren Bestandesabfall die Reaktion des Bodenprofils in der Richtung, daß nur azidiphile, gegen Bodenverdichtung unempfindliche Arten größeren Anteil an der Besiedlung der gebleichten Fichtenwaldböden nehmen können. Dagegen ergeben sich erst größere Unterschiede innerhalb des Einflußbereichs der Buchenstreu. Nach

der Tab. r_1 gilt das auch für die Steilzone dort, wo ein stärkerer Bucheneinfluß fehlt, dafür aber Schluchtwälder den Bachläufen folgen auf gut durchlüfteten, lockeren Böden bei fortlaufender Wegführung der kolloid löslich werdenden Humussäure.

Die Bestimmung der Pufferungsflächen der Böden nach Zusatz von Natronlauge

Unter dem Pufferungsvermögen des Bodens versteht man die Erscheinung, daß eine Bodenprobe nach Zusatz verdünnter Säuren oder Basen ihre Reaktion mehr oder weniger aufrecht erhalten kann. Nach H. Kappen 1931 werden nur in stark austauschsauren Böden die Aluminium- und Eisenverbindungen des Bodens gelöst. Es bilden sich Salze dieser Metalle, die in wässriger Lösung hydrolytisch gespalten werden. Solche Lösungen können mit Lauge austitriert werden. Versetzt man nun diese Bodenproben mit verschiedenen Laugenmengen und stellt den Einfluß des Laugenzusatzes nicht durch Titration mit Säure, sondern durch die pH-Änderung fest, die die Bodenlösung erleidet, so gelangt man zu Pufferungswerten. Die Pufferungserscheinungen beruhen auf Austauschvorgängen zwischen der äußeren Ionenbelegung der Mikronen und den Ionen des Disperionsmittels. Bei dem Pufferungsvorgang erfolgt sowohl Neutralisation als auch Oberflächenadsorption. Die Träger der Pufferung sind im kalkarmen Boden hauptsächlich Ton- und Humusverbindungen.

Der Überblick über die ermittelten pH-Werte (Tab. r_{1+2}) wird zur Beurteilung des Pufferungsvermögens bedeutend durch die Darstellung der Pufferflächen erleichtert. Nach dem Vorschlag von K. Maiwald 1928 wurden auf der Ordinate die pH-Werte und auf der Abszisse die Titrationsstufen in wahrer Normalität aufgetragen.

"Dadurch, daß man die Vergleichskurve (Quarzsand mit n/10 NaOH) durch Parallelverschiebung zur Abszissenachse mit der Anfangsreaktion des Bodens zum Schnitt bringt, entsteht die Kurve, die man durch die Behandlung eines pufferfreien Bodens von derselben h wie die untersuchte Bodenprobe mit steigenden Mengen Base erhalten würde." K. Maiwald 1928, S. 315. Die durch die Titrationskurve und die Vergleichskurve eingeschlossene Pufferfläche wird durch eine Senkrechte begrenzt von dem mit der Höchstmenge Base erhaltenen Endpunkt der beiden Kurven auf die Abszisse. Da sämtliche Profilschichten untersucht wurden und die Messung mit der Chinhydronelektrode nur bis pH 8 bei gut gepufferten sauerstoffarmen Lösungen möglich ist, wurden die Humusschichten bis n/20 NaOH, die Mineralbodenschichten zum Teil nur bis n/43,4 NaOH der Gesamtlösung untersucht. Sämtliche Kurven wurden aber nach Maßgabe des erhaltenen Kurventeiles zu Vergleichszwecken fortgesetzt bis n/20 NaOH. Diese individuelle Auffassung des späteren Kurvenverlaufs ist im Schaubild durch Strichelung und in der Tabelle 11 durch Einklammerung der Werte hervorgehoben. Zum Zweck des direkten Vergleichs sind für jede Pufferfläche 2 Flächenmessungen angegeben. Die kleinere Zahl ist der Ausdruck für die Fläche bis n/43,4 NaOH, während die größere Zahl den Inhalt der Gesamtfläche nennt. Der Flächeninhalt wurde nicht mit dem Polarplanimeter ermittelt, sondern nach einem Ausgleichsverfahren ausgezählt, wie es bei den Berliner Katasterämtern für genaue Flächenmessungen üblich ist. Die Pufferflächen sind auf durchsichtigem Millimeterpapier auf den Schaubildern g_1 bis g_{29}

dargestellt. Für die Meßstellen Sandberg und Queis wurden die Pufferkurven auf je 2 Bildern zusammengezeichnet (Schaubild 4). Da der gewählte Maßstab über die Größe der auszumessenden Fläche entscheidet, möchte ich die Maßeinheiten besonders angeben: der pH-Einheit entsprechen 8 mm, n/1000 NaOH entsprechen 2 mm.

Vergleicht man die Form der Neutralisationskurven der verschiedenen Schichten desselben Profils, so findet man stets einen Übergang von der fast waagerechten, sich kaum erhebenden Kurve der Humusschicht zu der Kurve des Illuvialhorizontes. Die Pufferungskurve dieser Schicht zeigt deutlich 2 bis 3 Wendepunkte und erinnert stark an die von Bradfield u. Cowan 1927 gegebene Titrationskurve des H' Kolloidtons (K. Maiwald 1928, S. 302). Die tiefsten Bodenschichten dagegen ergeben wieder eine deutlich abgeflachte Kurve. Soweit eine Bleicherdeschicht gut ausgebildet ist (Hütte, Moorwald), nähert sich ihre Neutralisationskurve einer Diagonalen durch das ganze Pufferfeld. Die weniger stark ausgebleichten Horizonte (Sandberg) stellen einen Übergang dar zwischen den Nachbarhorizonten und dem am stärksten ausgebildeten Bleicherdehorizont. Es erfolgt innerhalb der ersten Titrationsstufen eine geringe Verkleinerung der Pufferflächen, bei größerem Laugenzusatz eine stärkere Verkleinerung, die mit zunehmender Bodentiefe schon bei den ersten Titrationsstufen auftritt.

Durch diese in den verschiedenen Neutralisationsstufen eintretenden Wendungen der Pufferungskurve wird der Flächeninhalt ungleich verändert, so daß eine Flächenermittlung von Neutralisationsstufe zu Neutralisationsstufe zahlenmäßig am besten die Flächen darstellen könnte. Daher sind aus den Kurvenbildern allein oder aus den Angaben der Gesamtpufferflächen der einzelnen Proben die Pufferungsunterschiede schwer ablesbar. Für die Auswertung erreicht man aber einen guten Einblick in die Flächenentwicklung durch die Deckung der Kurvenbilder. Endlich entsteht durch die Parallelverschiebung der Vergleichskurve dann eine unwahrscheinlich verkleinerte Pufferfläche, wenn die Neutralisationskurve unter pH 3 beginnt und sich außerdem nach Deckung ihres Ausgangspunktes mit der Vergleichskurve schneidet (Moorwald). Man wird hier wahrscheinlich das Vorhandensein relativ großer Mengen aus Eiweißverbindungen entstandener freier Schwefelsäure annehmen dürfen (Heimath 1933). Ohne Frage entsprechen die ermittelten Pufferflächen dann nicht den übrigen Werten. In der Tab. 11 sind sie durch ein "!" hervorgehoben.

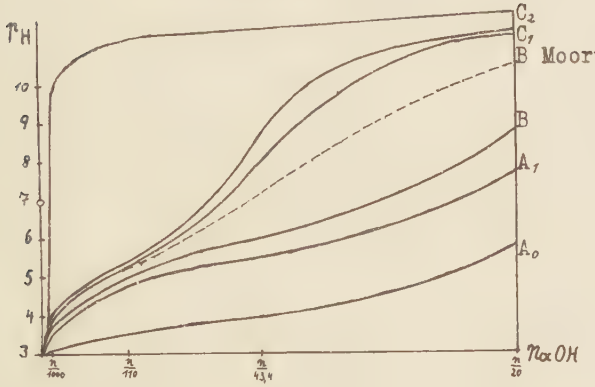
Betrachtet man den pH-Sprung, den die Neutralisationskurven bis zu einer bestimmten Stufe machen (Tab. q), so erstrecken sich die Kurven der Humusschichten der reinen Fichtenbestände über 2,4 bis 3,3 pH-Einheiten, die der Buchen- und Mischwaldbestände erstrecken sich über 4,9 bis 6,0 pH-Einheiten. Die gut entwickelten Bleicherdehorizonte fallen auf durch wesentlich geringere Pufferung gegen Lauge als Humus- und Einwaschhorizont (Hütte, Kreuzung, Moorwald, an der Iser). An der Ludwigsbaude und im Fichtenreinbestand des Buchberges ist der Pufferungsunterschied zwischen Humusschicht und Bleicherdeschicht ebenso groß wie bei den Fichtenreinbeständen der Kammzone. Im Illuvialhorizont wächst hier aber die Pufferung nicht erneut an wie bei den typischen Podsolprofilen.

Die Größen der Pufferflächen zeigen dasselbe Verhältnis unter einander. Die Pufferflächen bis n/43,4 NaOH der Humusschichten der Fichtenreinbestände bewegen sich zwischen 23,69 ccm (Flinsberger Hand) und 26,63 ccm (Queis); die der Mischwald- und Buchenbestände liegen zwischen 18,27 ccm (Hemmrich) und 22,10 ccm (Sandberg). Der zweiten Gruppe ist auch der Fichtenreinbestand des Buchbergs zuzurechnen mit 22,25 ccm. Diese Angaben beziehen sich auf verschiedene Vegetationsdecken, die untereinander am gleichen Standort eindeutig voneinander abweichen. Für die Gesamtpufferfläche bis n/20 NaOH liegt das Minimum mit 51,05 ccm an der gleichen Stelle (Flinsberger Hang), das Maximum trifft dagegen mit 57,54 ccm auf den Moorwald, da der zweite Flächenteil bis an die n/20 NaOH-Stufe und wahrscheinlich noch ein Stück darüber hinaus kaum eine wesentliche Abnahme des Pufferungsvermögens erkennen läßt. Bei den Podsolprofilen der Kammzone zeigen Flinsberger Hang und Kreuzung eine deutliche Zunahme der Pufferfläche im Illuvialhorizont gegenüber dem Eluvialhorizont. Von den Profilen mit den stärksten Bleicherdeschichten ist das des Moorwaldes leider unvollständig. Bringt man aber vergleichsweise die entsprechenden Pufferflächen der Hütte zur Deckung, so ist die Neutralisationskurve des Bleicherdehorizonts durch alle Konzentrationsstufen hindurch steiler. Da in den niedrigen Stufen die Fläche des Eluvialhorizonts größer ist (Humus), kommt erst in dem Abschnitt n/43,4 → n/20 NaOH das stärkere Pufferungsvermögen des Illuvialhorizonts zur Geltung. Da sich die Pufferungskurven des A_0 Horizontes der Hütte und des Moorwaldes fast gänzlich decken (die Moorwaldkurve ist flacher), ist es denkbar, daß dieser Unterschied den weniger ausgesprochenen Podsolprofilen gegenüber für die stärkere Auswaschung charakteristisch ist. (Vgl. die große Differenz bei Flinsberger Hang und die geringe bei Kreuzung in den Pufferflächen bis n/43,4 NaOH.) Alle übrigen schwachpodsolierten Profile zeigen ein allmähliches Abnehmen der Größe der Pufferflächen mit zunehmender Bodentiefe, wobei die Flächendifferenzen von Schicht zu Schicht verschieden groß sind.

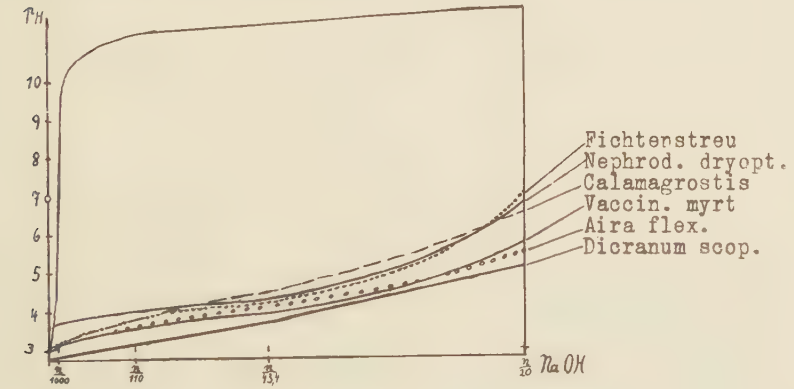
Das Verhältnis der vorderen Pufferflächen der Humusschichten zu denen der tiefsten Mineralbodenschichten ist sehr eng. Trotz der verschiedenen Bodendecke, trotz der großen Unterschiede im Körnungsverhältnis und in der Durchlässigkeit der Profile beträgt die Pufferfläche der tiefsten Mineralbodenschicht bei vollständigen Profilen 65 bis 72 % der Pufferfläche der zugehörigen Humusschicht. (Vgl. Hütte, Kreuzung, Queis, Ludwigsbaude, Rabishau und Buchberg-Fichtenbestand.) Es ist dabei interessant, daß auch hier die Extremstellen einerseits durch ein ausgesprochenes Podsolprofil (Minimum: Hütte 65 %) und andererseits durch edaphisch begünstigte Böden (Maximum: Buchberg-Fichtenbestand, Ludwigsbaude 72 %) eingenommen werden, die ökologisch dem Buchen-Fichtenmischwald angehören. Bei den Meßstellen Sandberg, Hemmrich, Buchberg-Buchenbestand beträgt die Pufferfläche der tiefsten Mineralbodenschicht 80 bis 84 % der Pufferfläche der Humusschicht. Das Minimum liegt unter einem Buchen-Fichtenmischwald am Sandberg, das Maximum liegt unter dem reinen Buchenwald des Buchbergs. Flinsberger Hang und Moorwald fallen aus dem Vergleich heraus, da der erste ein unfertiges Profil besitzt, während der zweite nicht vollständig untersucht werden konnte. Bei der Meßstelle an der Iser beträgt die vordere Pufferfläche der tiefsten Mineralbodenschicht nur 58 % der Pufferfläche der Humusschicht. (Feinerdearmes Flußkiesprofil.) Ich möchte am Schluß noch darauf hinweisen, daß für diesen Vergleich nur die experimentell bestimmten Pufferflächen benutzt wurden. Aus den

Blatt: 4a,

Pufferflächen der Messtelle Queis
unter Vaccinium myrtillus.



Pufferflächen der verschiedenen A -Horizonte an der
Messtelle Queis.



entsprechenden Werten für die Gesamtflächen (Tab. 11) ergeben sich noch weitere Unterschiede.

Unter den einzelnen Vegetationsdecken sind die Pufferverhältnisse deutlich verschieden. Zu Vergleichszwecken wurden an verschiedenen Standorten wiederholt Proben aus Humus- und Bleicherdeschichten anderer Assoziationskomponenten untersucht. Im Hinblick auf die Form der Pufferkurve fallen die Streuschichten und die zugehörigen Bleicherdeschichten regelmäßig durch geringes Pufferungsvermögen auf. Die Differenzen sind im Verhältnis zu den Paralleluntersuchungen weniger einheitlich, da der Schutz der Vegetationsdecke und ihr Einfluß auf den Humus fehlt. Der Humus unter Aira zeigt stets ein maximales Pufferungsvermögen, die zugehörige Bleicherdeschicht puffert aber weniger gegen Lauge als die entsprechende Schicht unter Myrtillus, Dicranum und Streu. Bemerkenswert ist, daß der A_0 Horizont unter Nephrodium dryop. (Queis, Ludwigsbaude) ein größeres Pufferungsvermögen besitzt als der unter Aira. (Einwaschung von Humusteilchen in den lockeren Schwemmboden. Nephrodium dryop. kommt nur auf Bachaluvionen vor.) Blaubeerhumus zeigt meist erst in den höchsten Neutralisationsstufen ein deutliches Abnehmen des Pufferungsvermögens, so daß oft der letzte Teil der Pufferungskurve z.B. gegen Aira, Streu und Rubus id. steiler ansteigt. In der zugehörigen Bleicherdeschicht findet man dasselbe Verhalten unter Blaubeerhumus den genannten Humusarten und dem Dicranumhumus gegenüber. Schon bei geringem Laugenzusatz puffert Humus unter Nephrodium dryop., Oxalis acet., Petasites alb., Calamagrostis arund. wenig; dagegen zeigen die A_1 Horizonte unter den genannten Humusarten ein größeres Pufferungsvermögen als die stark sauren Humusarten. (Größere Einmischung von Humus in den Mineralboden.) Mit zunehmender Laugenkonzentration gleichmäßig stärker abnehmendes Pufferungsvermögen zeigt Dicranum scop.-Humus gegenüber den Humusarten unter Streu, Myrtillus und Aira im Moorwald. Das Gleiche gilt für die A_1 Horizonte an dieser Meßstelle.

Im Hinblick auf alle Proben läßt sich für die Humusschichten nach dem Verhältnis der Neigung der Neutralisationskurven zu einander etwa die folgende lose Reihe von Humusarten nennen, geordnet nach dem absteigenden Pufferungsvermögen:

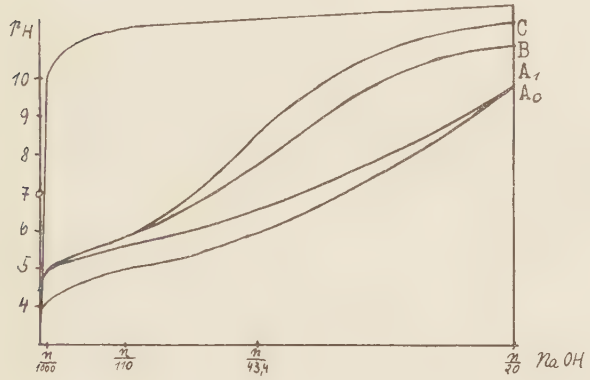
Calamagrostis > Myrtillus > Nephrodium > Aira > Streu.

Vergleicht man die Größen der Pufferflächen der Humusschichten unter den verschiedenen Pflanzenarten, so ergeben sich zwei Gruppen: Dicranum, Calamagrostis, Myrtillus, Aira und Streu besitzen ein mehr oder weniger gleich großes Pufferungsvermögen. Größere Unterschiede ergeben sich erst bei dem Vergleich der Vertreter der ersten Gruppe mit denen der zweiten Gruppe: Asperula, Oxalis, Nephrodium und Rubus. Die Pflanzen der zweiten Gruppe findet man hauptsächlich in den Schluchtwäldern, den Mischwäldern und den reinen Buchenwäldern. Während die Glieder der ersten Gruppe in den höheren Gebirgslagen hinsichtlich der Größe ihrer Pufferflächen einander sehr nahe stehen, scheinen Streu und Myrtillus im Gebirgsvorland (Trockenheit) immer das größte Pufferungsvermögen zu haben. Im Buchen-Fichtenmischwald am Sandberg und im Buchenwald am Hemmrich hat Myrtillus allein die größte Pufferfläche.

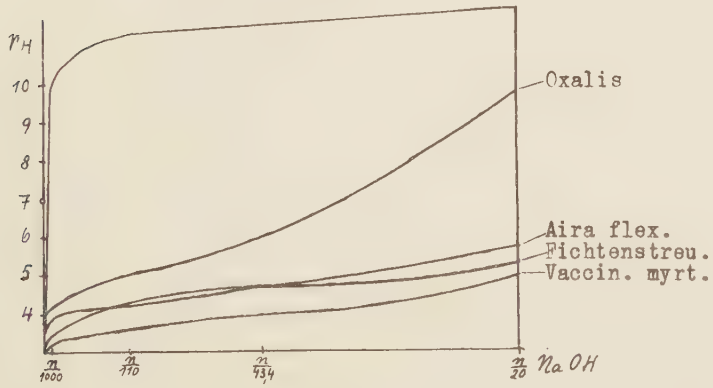
Bei dem Vergleich der Bleicherdeschichten unter den Pflanzen der ersten Gruppe zeigen besonders Ludwigsbaude (grusiger Schwemmsand) und Queis (schwachpodsoliertes Steilhangprofil) Gegensätze.

Blatt: 4b.

Pufferflächen der Messtelle Sandberg
unter Oxalis acetos.



Pufferflächen der verschiedenen A -Horizonte an
der Messtelle Sandberg



Nicht so deutlich treten Flinsberger Hang und Rabishau in Gegensatz zu Moorwald und Sandberg. An der Ludwigsbaude hat die Bleicherde unter Streu ein kleineres Pufferungsvermögen als unter Myrtillus, Aira und Nephrodium; die Bleicherde unter Myrtillus puffert stärker als unter Aira, Nephrodium und Rubus (Rabishau); unter Aira puffert die Bleicherde stärker als unter Nephrodium, schwächer als unter Rubus; die Bleicherde unter Nephrodium puffert stärker als unter Streu. Daraus ergibt sich folgende lose Reihe der Bleicherdeschichten, geordnet nach abnehmendem Pufferungsvermögen:

Myrtillus > Rubus > Aira > Nephrodium > Streu.

Im Gegensatz dazu ist dieselbe Reihe für den Queis:

Streu > Dicranum > Nephrodium > Aira > Myrtillus.

Über dem durchlässigen Boden am Queis ergibt sich, abgesehen von Nephrodium, die entgegengesetzt geordnete Reihe für die Bleicherdearten hinsichtlich der Größe der Pufferflächen unter den verschiedenen Pflanzensiedlungen. Zur Erklärung dieses Gegensatzes ist der verschiedene Ausgangspunkt der einzelnen Kurven anzuführen. Vor allem aber ist das unterschiedliche Verhalten der Humusarten unter den verschiedenen Assoziationsteilnehmern bei Niederschlägen (Humustemperaturen) über verschieden durchlässigem Untergrund anzuführen. Für das Verhältnis zwischen der Wirkung von Myrtillushumus und Airahumus wird die verschiedene Wurzelausbreitung in der obersten Bodenschicht die Einwirkung auf den Mineralboden unterstreichen. In den Bleicherdeschichten der durch Buche beeinflußten Bestände findet man unter Streu stets die größte Pufferfläche. Die Pufferflächen unter Oxalis und Asperula sind immer am kleinsten.

Eine Bestimmung des Schwefelsäureanteils, der aus der Blattmasse der Streu stammt, wurde nicht durchgeführt. Nach B. Heimath 1933 ist aber besonders in starksauren Humusproben dieser Anteil für die Bodenreifung wichtig.

Die Bestimmung der Austauschazidität und der hydrolytischen Azidität der Böden

Die Austauschazidität ist die stärkste Form der Bodenversauerung. Austauschsaure Böden sind nach O. Wehrmann 1937 bereits so stark entbast, daß sie in Berührung mit Neutralsalzlösungen die entsprechenden Eisen- und Aluminiumsalze entstehen lassen unter der hydrolytischen Abspaltung von $H^{\cdot}$.

Von sämtlichen Bodenproben wurden zur weiteren Charakterisierung der Aziditätsverhältnisse die Austausch- und die hydrolytische Azidität festgestellt. Schwemmt man einen sauren Humusboden mit einer Neutralsalzlösung auf, so tauschen die Kationen des Salzes gegen die Wasserstoffionen der Bodenteilchen so aus, daß in der Lösung freie Säure auftritt. Besonders hohe Werte erreicht man bei Verwendung von Natriumazetat. Da lange Versuchsreihen notwendig waren, habe ich die zu untersuchende Bodenmenge auf 1/5 der vorgeschriebenen Menge beschränkt (20 g + 50 ccm Lösung). Die Werte wurden auf 100 g Boden umgerechnet. Die Umrechnung überhöht die Vergleichswerte ein wenig. Nach H. Kappen 1920 ist diese Umrechnung zulässig, da bis 100 g Boden die Titrationsazidität im proportionalen Verhältnis zur Bodenmenge wächst. Weil auch hier die Art und Weise der Untersuchung für die erhaltenen Werte maßgebend ist (S. Goy 1936), soll der Untersuchungsgang knapp angegeben

werden. Durch die verschiedenen Arbeitsweisen (Dauer der Behandlung und Behandlung durch verschieden hohe Wärme) werden verschieden große, freie Adsorptionsflächen erfaßt bzw. nach ihrer Deckung erneut freigelegt.

20 g Boden wurden mit 50 ccm normaler Kaliumchlorid- oder Natriumazetat-Lösung übergossen, eine Stunde kräftig geschüttelt. Nach kurzem Absitzen werden 25 ccm der klaren überstehenden Lösung bei Mineralbodenproben mit der Pipette zur Analyse vorsichtig entnommen. Nur bei Humusproben und bei trüben Mineralbodenproben wurde filtriert. Die Analysenmenge wird mit n/10 NaOH titriert unter Verwendung von Phenolphthalein als Indikator. Nach der ersten Rosafärbung wird kurz aufgekocht, erneut Lauge zugesetzt, bis eine für kurze Zeit bleibende Rötung der Lösung sich einstellt. Der erneute Laugenzusatz nach dem ersten Aufkochen wurde im Analysenprotokoll gesondert angegeben. Nur bei Humusproben, und zwar besonders bei moorig vernaßtem Humus, wurde nachträglich mehr als 1 ccm Lauge zugesetzt.

In der Tab. 8 und 12 sind den monatlichen Niederschlagswerten und den Ergebnissen der Bodenfeuchtigkeitsbestimmung die Werte für die Austauschazidität und die hydrolytische Azidität gegenübergestellt. Es war zu erwarten, daß bei der durch ein Jahr fortlaufend durchgeführten Bestimmung der Austauschazidität vor allem ein Einfluß des Verbrauchswassergehalts der Bodenschicht auf die Höhe des Basenverbrauchs zu erkennen sein würde (Hartmann 1925). Durch Vergleich der für die 13 Grabestellen ermittelten Werte ergibt sich, daß dieser Einfluß nur zu einzelnen Zeiten als bestimmend angenommen werden kann. Der Gehalt des Bodens an Verbrauchswasser wird besonders durch die Schneeschmelze, den herbstlichen Regen und durch die Sommerdürre beeinflußt, deren Fortschreiten in größere Bodentiefen deutlich wellenförmig (Freckmann 1936) erfolgt. Eine bildliche Darstellung des Verhältnisses zwischen Bodenwassergehalt und Azidität ist bei Untersuchung von durchschnittlich nur einer Bodenprobe im Monat unmöglich, da die jeweils vorgefundenen Verhältnisse ein Ergebnis darstellen von der Abwandlung vorher bestehender Beziehungen durch den Einfluß der Niederschläge. Dazu kommt der deutlich verschiedene Einfluß der Streu oder der Vegetationsdecke bei starken Unterschieden der Wasserdurchlässigkeit der einzelnen Profilschichten und die standörtlich verschiedene Neigung der Bodenoberfläche. Neben dem verschiedenen Wassergehalt oder vielleicht besser durch den verschiedenen Wassergehalt des Bodens ändert der Bodenfrost (Jung 1937) bei fehlender oder ungenügender Schneedecke die Aziditätsverhältnisse je nach dem Standort in verschiedener Weise. Die zur Zeit der Messung vorgefundene Azidität ist endlich durch den kolloidchemischen Zustand der einzelnen Bodenschicht und durch ihren Widerstand gegen Aziditätsschwankungen bestimmt. Bisher hat man sich meist damit begnügt, im Sommer Einzelproben zu untersuchen, oder man hat dasselbe Profil nur einige Male während der Vegetationszeit untersucht (Heuell 1930, Frank 1929). Eine sich über ein ganzes Jahr erstreckende Versuchsreihe an ein- und demselben Standort besonders im Gebirge ist mir nicht bekannt geworden.

Besondere Schwierigkeiten erwachsen in mosaikartig zusammengesetzten Bodenpflanzengesellschaften bei der wiederholten Grabung eines Bodenprofils an demselben Standort. Durch die umständliche Entnahme von Bodenzylindern aus sämtlichen Profilschichten wird bei jeder Grabung durch den Einstich und die

Bodenaufschüttung mindestens eine 1 qm große Fläche für weitere Grabungen unbrauchbar. Legt man auch den nächsten Einschlag hangaufwärts in genügendem Abstand an, so reicht doch bei der durch viele Hügel und Mulden vielgestaltig ausgeformten Gebirgsbodenoberfläche die Größe eines Siedlungsfleckens nicht aus, 11 bis 12 Bodeneinschläge in diesem Flecken ausführen zu können, wenn an jeder Einschlagstelle die Erdoberfläche weder einer Mulde noch einem Hügelbuckel angehören soll. Daher war ich zum Teil genötigt, aus zwei verschiedenen Siedlungsflecken die Proben zu entnehmen. Für alle übrigen Untersuchungsmethoden werden die dadurch bedingten Differenzen wahrscheinlich kleiner sein als die Fehlermöglichkeit. Für die Bestimmung der Austauschazidität und für die Bestimmung der hydrolytischen Azidität ist dadurch der Hinweis gegeben, daß angesichts der Umrechnung nur große Unterschiede für die Auswertung von Bedeutung sind. Bei der Bestimmung der Pufferflächen wurde aus demselben Grunde nicht der Durchschnitt, sondern das häufig sich wiederholende Ergebnis als ausreichend gesichert angesehen.

Der Vergleich der Werte der Austauschazidität der untersuchten Böden

Der Vergleich der Bodenwassermaxima und -minima war der Einteilungsgrund zu der Bildung von zwei Gruppen von Profilen, die durch die morphologische Gestalt des Gebirges bedingt sind. Nach dem Einfluß der Vegetationsdecke auf das Pufferungsvermögen der untersuchten Bodenproben gegen Natronlauge wurde zwischen der Gruppe der starkpuffernden Pflanzen und der der weniger stark puffernden Pflanzen unterschieden. Da der Wassergehalt des Bodens und der Humuscharakter der aufliegenden Streu über die Höhe der Azidität entscheiden, werden für die Titrationsazidität die nach Wärme und Wassergehalt verschiedenen morphologischen Zonen in ihrer Abgrenzung gegen einander durch den Einfluß der Vegetationsdecken beeinflußt.

Für sämtliche Profile der Kammzone: Hütte, Flinsberger Hang, Kreuzung, Blaubeerwald, Moorwald, an der Iser und für die beiden Buchbergprofile liegt ein Maximum an Verbrauchswasser meist in der Humus- und Bleicherdeschicht in der Zeit von Ende Februar bis verschieden weit in den April hinein. Dabei nimmt der Wassergehalt bis gegen Ende dieser Spanne ständig zu entsprechend dem Tauvorgang, der vom März bis in den April hinein zunehmend große Wassermengen freimacht. Sobald nur noch vereinzelte Schneereste den Boden bedecken, sinkt der Wassergehalt in den obersten Bodenschichten bis dicht an eine gewisse Normalhöhe schnell ab. Gegen Ende dieser Zeit tritt auch in den tiefsten Bodenschichten ein Bedarfswassermaximum ein. Da die Wirkung der Schneeschmelze am Südhang am leichtesten zu beobachten ist, konnte ich an der Hütte am 9. April die Bewegung des Tauwassers im Boden gut beobachten. Seit dem Anfang des Winters 1933/34 war der Waldboden ununterbrochen durch eine Schneedecke geschützt gewesen. Der Frost war nur bis 10 cm tief in den Boden eingedrungen. Durch den allmählichen Tauvorgang waren die Bodenfrostinseln von oben her zum Teil aufgetaut. Bei dem Ausheben der Profilgrube floß das Tauwasser an der Grenze zwischen Humus und Bleicherdeschicht so schnell zu, daß ich erst nach dem Abheben der Humusschicht die Grabestelle mit einem Erddamm umgeben mußte, um die Profilgrube vertiefen zu können. Über der dichtesten Zone des Einwaschhorizontes wiederholte sich dieser Vorgang in viel schwächerem Maße. Auch in der fast unberührten Mineralbodenschicht erfolgte eine geringe Bewegung von Tauwasser.

Betrachtet man nun die Austauschaziditätsmessungen desselben Profils, so findet man bereits im Februar eine Verminderung der Azidität in der Humusschicht. Sie fällt zusammen mit der beginnenden Durchschwemmung des Bodens. In der Bleicherdeschicht haben beide Aziditätsformen erheblich zugenommen, im Illuvialhorizont ist die Austauschazidität ungeheuer angewachsen, während die hydrolytische Azidität noch abnimmt. Im wenig beeinflußten Mineralboden ist dagegen die hydrolytische Azidität stark angewachsen, während die Austauschazidität nur wenig zugenommen hat. Durch die einsetzende reichliche Durchwässerung des Gesamtprofils scheint der Welle des Anstiegs der hydrolytischen Azidität etwas verspätet eine solche der Austauschazidität zu folgen. Im April besitzen sämtliche Profilschichten ein Minimum an Austauschazidität, nur die tiefste Mineralbodenschicht erreicht erst jetzt ihr absolutes Maximum. Die hydrolytische Azidität beginnt in der Humusschicht wieder zu steigen, erreicht in der Bleicherdeschicht ihr absolutes Minimum, sie hat sich im Einwaschhorizont wenig verändert und ist in der fast unbeeinflußten Mineralerde stark zurückgegangen. Der Enderfolg des großen Wassereinflusses besteht in der großen Verringerung beider Aziditätsformen. Dieser Vorgang wurde schon für die pH-Werte von R. Ganssen 1923, von H. Kappen 1931, von B. Aarnio 1935 und von L. Smolik 1935 erwähnt. F. K. Hartmann 1925 beobachtete im Frühjahr eine Änderung der Austauschazidität, die durch Feuchtigkeitsschwankungen im Boden bedingt war.

Leider treffen die Grabungen sämtlicher anderer Meßstellen nicht auf die Zeit intensivster Tauwasserbeeinflussung. Ferner ist für die übrigen Meßstellen ein so schneller Tauvorgang, wie er am steilen S Hang auftritt, unmöglich. Daher zeigen die Meßreihen die eben geschilderten Vorgänge nur zum Teil an. Die Aziditätsverhältnisse im Moorwald sind am schwierigsten zu verstehen (Frank 1929). Dennoch sind meist für den Februar und den März ähnliche Verhältnisse festzustellen, die außerdem durch die Wiederholung der kritischen Analysen nachgeprüft wurden.

Im Februar sind die Vorgänge im Boden in der Kammzone dadurch bemerkenswert, daß allgemein eine auffällige Verringerung der Frosttiefe stattfindet. Weil sämtliche Grabungen erst in der zweiten Hälfte dieses Monats erfolgten, dürfte die zunehmende Erwärmung von unten her im Boden dadurch möglich sein, daß sowohl Temperaturmaxima als auch die Temperaturminima nach dem ersten Monatsdrittel ansteigen. Dadurch, daß je nach Standort der Bodenfrost im Winter verschieden oft unterbrochen wird, ergibt sich nach L. Smolik 1933, daß hier die Wasserlöslichkeit der Kolloide vor der Durchspülung höher ist als bei Standorten, deren Humuskolloidkomplex dem Frost nicht ausgesetzt war. Aus den mitgeteilten Analysenwerten wird diese Frostwirkung nur zum Teil erkenntlich.

In geringem Ausmaß findet man die beschriebene Erscheinung auch durch die Analysenergebnisse im Oktober und November bestätigt, und zwar auch hier ähnlich für alle Untersuchungsstellen. An den Steilhang- und Vorgebirgsprofilen sind die Verhältnisse schwer zu übersehen, da weder im Herbst noch am Ende des Winters so große Wassermengen dem Boden zugeführt werden und hier wahrscheinlich für das ganze Jahr ein im Vergleich zur Kammzone umgekehrtes Bodenwassergefälle besteht.

Dieser Vorgang der Wasserdurchspülung des gesamten Bodenprofils wird für die Veränderung der physikalisch-chemischen Bodeneigenschaften auf der Kahlschlagfläche (Spirhanzl 1933) von be-

sonderer Bedeutung sein. Der Boden ist trotz der auch im Bestand vorhandenen Vergrasung der Heftigkeit der Wasserdurchspülung (schneller Tauvorgang) mehr ausgesetzt als das Bestandesprofil. Die mehr oder weniger weit vorgeschrittene Mobilisierung der elektrolytunempfindlichen Humusstoffe verleiht dem Spülwasser wahrscheinlich eine höhere chemische Aktivität, so daß die oft erwähnte Vernässung nach den beobachteten Vorgängen im Boden verständlich wird.

Die Anzahl der bei der Titration zugesetzten ccm Lauge läßt eine Einteilung der Böden zu nach der Höhe der Azidität. Nach den Werten der Austauschazidität gehören zu der Gruppe der wenig versauerten Böden die Meßstellen: Buchberg-Buchenbestand und Hemmrich mit allen Profilschichten. Hier tritt die Bedeutung der Buchenstreu erneut in Erscheinung. Dagegen zeigen die Fichtenreinbestände die höchste Azidität (Frank 1929, Hartmann 1925, Schwarz 1931, Domin 1932). Zu der Gruppe der am stärksten versauerten Böden gehören: Moorwald, Hütte, Kreuzung und der Blaubeerwald mit allen ihren Profilschichten. Der ersten Gruppe stehen nahe: Sandberg und der Flinsberger Hang. Den Übergang zur zweiten Gruppe bilden Buchberg-Fichtenbestand, Queis und an der Ludwigsbaude. Auch Rabishau besitzt eine Sonderstellung durch die hohen Aziditätswerte im A_0 Horizont. Alle diese Profile der Meßstellen, die zwischen den beiden Hauptgruppen stehen, gehören den schwach podsolierten Böden an und sind im vorangehenden wegen ihrer guten Durchlässigkeit des Bodens öfter hervorgehoben worden. Queis und Kreuzung haben auch im B-Horizont hohe Aziditätswerte. Im C-Horizont stimmen fast alle Profile hinsichtlich der Höhe der Azidität recht gut überein. "An der Iser" und der Fichtenbestand auf dem Buchberg zeigen dagegen in der tiefsten Mineralbodenschicht die geringsten Aziditätswerte. Bei dem Queisprofil ist für die Titrationsazidität im C-Horizont der Wert relativ am höchsten. Wie bei der Bestimmung der pH-Werte, so fällt auch hier dieser hohe Wert der Austauschsäure mit der großen Durchlässigkeit des Profils und der starken Hangneigung der Meßstelle zusammen. Bei dem grusigen Profil der Ludwigsbaude ist der Wert der Austauschazidität relativ gering, da durch das nahe Grundwasser eine stärkere Versäuerung verhindert wird.

Der Vergleich der Werte der hydrolytischen Azidität der untersuchten Böden

Die Bedeutung der Tauwasserdurchschwemmung der Bodenprofile für die Schwankungen der Werte der hydrolytischen Azidität wurde schon besprochen. Geordnet nach den Analysenergebnissen der Untersuchung über die Höhe der hydrolytischen Azidität in den Profilschichten gehören zu der Gruppe der weniger sauren Böden (im A_0-Horizont weniger als die Hälfte der hydrolytischen Azidität der zweiten Gruppe): Hemmrich, Buchberg-Buchenbestand und Sandberg. Unter dem Buchenbestand am Buchberg findet man infolge der hohen Bodendurchlässigkeit im B- und C-Horizont auffallend große Aziditätswerte. Alle übrigen Meßstellen sind der stark sauren Gruppe zuzuzählen. Besonders hohe hydrolytische Azidität zeigen die Profile: Moorwald, Hütte und Blaubeerwald. Flinsberger Hang dagegen besitzt eine auffallend geringe hydrolytische Azidität, während sie bei dem Queisprofil wieder sehr hohe Werte erreicht. Bei dem Vergleich der Analysenwerte fällt aber auf, daß gegenüber den Werten der Austauschaziditätsbestimmungen die der hydrolytischen Azi-

dität weniger klare Unterschiede zwischen den Bodenprofilen erkennen lassen (Frank 1929, Deines u. Kleinschmidt 1932).

Im Anschluß an Knickmann 1925 und Frank 1929 glaubte Heuell 1930, durch das Verhältnis der Austauschazidität zur hydrolytischen Azidität einen Einteilungsgrund für den Zersetzungszustand der verschiedenen Humusarten gefunden zu haben. Durch Hitschold 1933 ist inzwischen gezeigt worden, daß diese Relation praktisch wertlos ist, zumal auch theoretisch keine gegenseitige Beziehung zu bestehen scheint. Durch den weiter oben geschilderten Einfluß großer Niederschlags- oder Tauwassermengen auf die Aziditätsverhältnisse des Bodens kann das gegenseitige Verhältnis der Aziditätsformen bei trocknem Wetter durch den Einfluß des Sickerwassers umgekehrt werden. Außerdem üben die einzelnen Bodenschichten auf die Verschiebung des Verhältnisses dadurch einen verschiedenen Einfluß aus, daß die Austauschazidität bei der Durchwässerung des Bodens zu einer anderen Zeit und in einer anderen Weise verändert wird als die hydrolytische Azidität.

Überblick man die durch das ganze Jahr hindurch vorgenommenen Messungen, so kann man die einzelnen Profile nach den Schwankungen der Aziditätshöhe in den einzelnen Schichten in zwei Gruppen einteilen. Zu der Gruppe, bei der mit zunehmender Bodentiefe die beiden Aziditätsformen meist abnehmen, gehören: an der Iser, Blaubeerwald, Sandberg, Queis, Ludwigsbaude, Rabishau und das Profil unter dem Fichtenbestand am Buchberg. Mit Ausnahme des Profils aus dem Blaubeerwald findet man an den aufgezählten Meßstellen nur schwach ausgebleichte Böden mit gut durchlässigen Profilschichten und vorwiegend aufwärts gerichtetem Bodenwassergefälle. Zu der Gruppe mit deutlicher Zunahme der Azidität im Illuvialhorizont gehören die Meßstellen Flinsberger Hang, Kreuzung und Hütte. Das Profil unter dem Buchenbestand am Buchberg nimmt eine Sonderstellung ein, da vom a_1- nach dem C-Horizont hin die Aziditätswerte ansteigen. Die Böden der Meßstellen der zweiten Gruppe sind stärker podsoliert und haben deutlich ausgeprägte Illuvialhorizonte. Sie gehören alle der Kammzone an. Es ist darum wahrscheinlich, daß der Dispersionszustand der Bodenteilchen für die Aziditätszu- oder -abnahme bei zunehmender Bodentiefe entscheidend ist. Der Charakter der Humuszersetzung in der das Profil überlagernden Streuschicht entscheidet über die Aktivität des Sickerwassers und beeinflußt so die Breite der Aziditätsschwankungen, die sich mit dem Wechsel der Jahreszeiten in den einzelnen Profilschichten einstellen.

Nach der Höhe der Austauschazidität unter den verschiedenen Assoziationsteilnehmern lassen sich Reihen von Humusarten nennen, die durch ihre Anordnung den Standort charakterisieren. So treten z.B. mit der Reihe

Streu > Calamagrostis > Aira > Myrtillus

die Meßstellen Flinsberger Hang, Hütte, Kreuzung und Sandberg zusammen. An allen diesen Standorten befinden sich Calamagrostis und Aira im Optimum. Mit der Reihe:

Myrtillus > Streu > Dicranum > Aira > Rubus > Nephrod. > Oxalis

treten die Meßstellen Queis, Rabishau, Hemmrich und Moorwald zusammen, hier befindet sich überall Myrtillus im Optimum. Der ersten Reihe entsprechen vorwiegend dichte Böden, der zweiten Reihe entsprechen vorwiegend durchlässige Böden, wobei die Stellung des Moorwaldes auffällig ist. Für die letztere Gruppe ergibt sich

nach den Aziditätswerten der Bleicherdeschichten unter den genannten Pflanzen fast die gleiche Reihe. Dadurch wird die Bedeutung der Bodendurchlässigkeit für die Höhe der Aziditätswerte in den einzelnen Humusarten noch betont. Für die übrigen Meßstellen läßt sich dagegen infolge der verschieden weit vorgeschrittenen Ausbleichung keine Reihe aufstellen.

Geordnet nach der Höhe der hydrolytischen Azidität in der Humusschicht treten mit der Reihe

Dicranum > Myrtillus > Aira > Streu > Nephrod. > Oxalis > Aspidium

die Meßstellen Ludwigsbaude, Queis, Sandberg, Hemmrich und Moorwald zusammen. Die übrigen Meßstellen lassen sich nicht zu einer Reihe zusammenfassen.

Hinsichtlich der Aufstellung der eben genannten Reihen ist hinzuzufügen, daß die verwerteten Ergebnisse noch nicht auf einer genügend breiten Basis von Paralleluntersuchungen stehen, und daß an einzelnen Standorten ein Austausch der Reihenfolge zwischen benachbarten Reihengliedern erfolgt. Da der Einfluß des Regen- und Tauwassers unter einzelnen Bodendecken verschieden schnell meßbar wird, sind umfangreiche Untersuchungsreihen nötig, um sicherere Reihen für die einzelnen Standorte angeben zu können. Hier liegt wohl auch der Grund dafür, daß E. Hitschold 1933 auf die außerordentliche Schwankungsweite der Aziditätsbefunde besonders aufmerksam macht. Pflanzenökologisch sehe ich die Bedeutung des Vergleichs darin, daß, abgesehen von den großen Unterschieden zwischen Myrtillus, Calamagrostis, Streu und Aira einerseits, und Rubus, Nephrodium dryop., Oxalis und Asperula andererseits, Myrtillus gegen Aira sich deutlich abhebt. Nach den kolorimetrischen Humusuntersuchungen zeigt Myrtillushumus den höchsten Gehalt an leichtlöslichen kolloiden Humusstoffen, diese Humusart muß daher auch den größten Basenverbrauch aufweisen zur Deckung der freien Adsorptionsflächen. Wenn auch nach G. Krauss 1926 die Höhe der Azidität unmittelbar für die Waldpflanzen ohne Bedeutung ist, so kann man mit F. K. Hartmann 1928 durch Aziditätsuntersuchungen den Sättigungszustand der einzelnen Profilschichten charakterisieren. Diese Untersuchungen haben daher einen bodenindikatorischen Wert. Die Höhe der Aziditätswerte ist nach den angeführten Untersuchungen in den Bodenprofilen von der Lagerung des Profils, von dem Gehalt an feinsten Bodenteilchen der einzelnen Profilschichten, von der Bodenfeuchtigkeit und von der Jahreszeit, in der die Untersuchung angestellt wird, abhängig. Daher haben wenige Einzelmessungen nur einen orientierenden Wert. Je häufiger dasselbe Profil im Anschluß an die Änderung der Bodenfeuchtigkeit durch das Niederschlags- und Tauwasser untersucht wird, desto klarer treten die Unterschiede zweier Standorte hervor.

Die Untersuchung der Humusschichten unter einzelnen Assoziationskomponenten in verschiedenen Waldbeständen des Isergebirges

Während in den vergangenen Jahrzehnten viele Arbeiten der Lösung des Aziditätsproblems gewidmet waren, steht gegenwärtig das Humusproblem im Mittelpunkt der bodenkundlichen Forschung. Durch physikalische, chemische und biologische Untersuchungsmethoden wird versucht, die verschiedenen Stufen der Zersetzungsfolge gegeneinander abzugrenzen. A. Schmuziger 1935 faßt die Umsetzungsvorgänge im Humus auf als eine stetig gleitende Abbaureihe vom

frischen Material bis zur gasförmigen Kohlensäure. Durch verschiedene chemische und mikrobielle Prozesse entstehen aus der frischen reaktionsbereiten organischen Substanz, die noch eine vorwiegend lockere Biostruktur besitzt, stabilere, weniger hydratisierte, also dichter gefügte Stoffe. Die Reaktionsgeschwindigkeit dieser Prozesse nimmt ab mit der dichter werdenden Feinstruktur. Endlich bilden sich äußerst stabile Rückstandsprodukte, die nur sehr langsam in CO_2 übergehen (A. Schmuziger 1935, S. 14). Daher kann man mit Hilfe von Lösungs- und Oxydationsmethoden nur willkürliche Grenzen zwischen chemisch schwer definierbaren Stufen der Zersetzungsfolge aufrichten. Mit dem Anwachsen der Erfahrungen, die man bei den Humusuntersuchungen gewonnen hat, haben sich auch die Analysenmethoden dauernd geändert. Es werden immer weniger konzentrierte Chemikalien verwandt. Die Anwendung von Siedehitze wurde gegen die Kaltbehandlung eingetauscht. Dadurch ist es gelungen, zu differenzierteren Analysenergebnissen zu gelangen. Da der Weg bis zu allgemein anerkannten Standardmethoden sicher noch weit ist, habe ich z.B. die Ergebnisse der kolorimetrischen Humusuntersuchungen nicht auf die vergleichbaren Absolutwerte umgerechnet. Ich beschränke mich darauf, die nach dem gleichen Arbeitsverfahren erhaltenen Werte untereinander zu vergleichen.

Im humiden und perhumiden Klimagebiet werden die obersten Bodenhorizonte durch die darauf stockende Vegetation chemisch und morphologisch entscheidend beeinflußt. Diese ("Die) biogenen Horizonte reagieren empfindlicher auf alle Änderungen in Vegetation und Lokalklima, sie passen sich rasch den veränderten Standortsbedingungen an und spiegeln daher auffällig den Charakter des vorliegenden Bodens innerhalb der Sukzessionsreihe wieder." A. Schmuziger 1935, S. 11. Durch die bisher erörterten Untersuchungen ist der vorstehende Satz weitgehend bestätigt worden. H. Burger 1926 faßt die Bedeutung der Humusfrage in Verbindung mit der herrschenden Pflanzendecke für den Gesamthaushalt des Standorts folgendermaßen zusammen (S. 83): "Gesundung oder Erkrankung eines Bodens gehen fast immer von der Oberfläche aus."

Bei den Durchflußmessungen war mir die verschieden starke Färbung des abtropfenden Durchflußwassers durch kolloid gelöste Humusbestandteile aufgefallen. Daher habe ich mit Hilfe einiger erprobter Untersuchungsmethoden versucht, sehr lange Reihen von Humusvergleichsproben vom gleichen Standort zu untersuchen. Dabei sind chemisch auf streng quantitative Ergebnisse eingestellte Untersuchungsmethoden im Hinblick auf die große Probenzahl unanwendbar. Dagegen versprechen einige mehr den Charakter von Feldmethoden tragende physikalische und chemische Untersuchungsweisen die geeigneten Unterlagen zu liefern für eine Zusammenfassung der Humusproben unter den einzelnen Pflanzenarten in Gruppen ähnlichen Verhaltens.

Mit der Bezeichnung "Feldmethode" ist natürlich nicht gesagt, daß weniger sorgfältig gearbeitet wurde, sondern, daß nach vereinfachten Arbeitsmethoden analysiert wurde, um eine größere Anzahl von Einzelproben berücksichtigen zu können. Daher fallen hier zum Teil die Kontrollanalysen weg, solange nicht Extremwerte zu bestätigen sind.

Da an derselben Probe verschiedene Untersuchungen ausgeführt wurden, und die Unterschiede unter ein- und derselben Vegetationsdecke nach Maßgabe der Änderung des Bodenfaktorenkomplexes verschie-

den groß sind, wurden nur Einzelproben untersucht. Die Humusproben wurden in der Zeit von Ende Mai bis Ende Juli 1934 so eingesammelt, daß aus der Humusstoffschicht unter verschiedenen, gut entwickelten Siedlungen der wesentlichsten Assoziationskomponenten je 5 Proben gleichzeitig an einem Standort entnommen wurden. Davon entsprechen 3 Proben den Standorten des häufigsten Vorkommens der Art und 2 Proben der feuchtesten und der trockensten Stelle, an der die betreffende Art vorgefunden wurde. Im Hinblick auf die geringe Anzahl der untersuchten Proben vom gleichen Standort halte ich die Bildung von brauchbaren Mittelwerten für unmöglich. Dafür erlauben wieder die Grenzwerte die Zusammenfassung zu Gruppen ähnlichen Verhaltens.

Es wurden bestimmt:

1. Der Wassergehalt der frischen Probe in Prozent des lufttrocknen Bodens.
2. Der Wassergehalt der lufttrocknen Probe in Prozent der Trockensubstanz (Trocknung bei 105°).
3. Der Crumpsche Faktor = $\frac{\text{der Wassergehalt in \% d. lufttrocknen Probe}}{\text{Humusgehalt}}$
4. Der Glühverlust der Bodenprobe, der bei den stark sauren Humusproben besonders über dichten Podsolschichten der organischen Substanz nahezu entspricht.
5. Der pH-Wert der frischen Probe. (Wasseraufschlämmung des naturfeuchten Bodens. Potentiometrische Messung mit der Chinhydronelektrode nach kurzem Stehen.)
6. Die Humifizierungszahl der Probe, bestimmt nach der Vorschrift von A. Nemeč mit Wasserstoffsuperoxyd.
7. Die Jodzahl der Probe, bestimmt nach der Vorschrift von A. Nemeč, bezogen auf 100 g organische Substanz.
8. Die Farbzahl der Aufschwemmung der Bodenprobe in Wasser.
9. Die Farbzahl der Aufschwemmung der Bodenprobe in 5 %iger Sodalösung.
10. Die Farbzahl der Aufschwemmung der Bodenprobe in 5 %iger Natronlauge.
11. Der Farbzahlquozient nach U. Springer.
12. Der Permanganatverbrauch der Aufschwemmung der Bodenprobe mit 5 %iger Natronlauge.

Die Ergebnisse aller dieser Untersuchungen sind in der Tab. t, u und in Tab. 14 und 15 dargestellt.

J. Blanckmeister 1931 hat unter anderen Gebieten auch die Humusverhältnisse in verschieden alten Fichtenbeständen im Riesengebirge untersucht, die denen des Isergebirges wahrscheinlich sehr ähnlich sind. Er gelangt zu dem Schluß S. 57: "Die Menge der Auflagestreu bleibt auch im Riesengebirge durch das ganze Bestandesleben annähernd gleich groß. Die Mengenzunahme erfolgt ausschließlich bei der Humusstoffschicht." Der Verfasser stellt später fest, daß (S. 67) trotz starker Auflagehumusschichten der Rohhumus durch die Gräser in Moder übergeführt wird. Demnach wird, abgesehen von der allgemeinen Bedeutung des Klimas und der des Grundgesteins, dem Einfluß des Baumbestandes und der Bodenflora auf die Struktur und den Chemismus der Humusstoffschicht die entscheidende

Bedeutung zugeschrieben. Für sämtliche Eigenschaften der Humusauflage kommt dem Feuchtigkeitsgehalt nächst der Bodenwärme eine besondere Bedeutung zu. Die Humusproben wurden in einer ausgesprochenen Dürrezeit eingesammelt. Die hohen Niederschläge im Juni sind in dem Gebiet als kurze Zeit andauernde Wolkenbrüche niedergegangen, so daß die Proben vom Buchberg und von Rabishau, die längere Zeit nach der Regenperiode im Juni eingesammelt wurden, durchaus mit den anderen vergleichbar sind. Streng vergleichbar sind freilich nur die Proben, die von dem gleichen Standort stammen, da sie an ein- und demselben Tage entnommen wurden. Durch diese günstigen Witterungsverhältnisse sind die Unterschiede in dem Gehalt an Wasser der frischen Bodenprobe wahrscheinlich größer, als sie in normal-feuchten Jahren feststellbar sein werden.

Der Wassergehalt der frischen Humusprobe in Prozent des lufttrocknen Bodens

Bei der Bestimmung des Wassergehalts der frischen Humusprobe in Prozent des lufttrocknen Bodens ist die sehr verschiedene Schwankungsbreite der Werte an den einzelnen Standorten auffallend. Im Moorwald liegen die Extreme infolge der Trockenheit am weitesten auseinander. Auf dem Kamm ist die gleiche Spanne schon deutlich verschoben. Diese Verschiebung erfolgt aber weiterhin besonders am Steilhang auf Kosten des Minimums der Bodenfeuchtigkeit, so daß schon hier ähnliche Werte erreicht werden wie an den trockensten Stellen in Rabishau. Auch bei den sehr durchlässigen Böden des Hangfußes sind die Minima noch kleiner geworden. Abgesehen von den auf Mineralboden siedelnden Pflanzen zeigen die Feuchtigkeitswerte für den feinerdereichen Sandberg eine deutliche Zunahme, trotzdem die Gesamtschwankung des Wassergehalts gegenüber der Ludwigsbaude noch geringer geworden ist. In Rabishau ist das Minimum fast gleich dem des Sandbergs, während das Maximum nur noch 1/3 der Höhe des Sandbergs beträgt. Die beiden untersuchten Buchbergbestände stehen, obgleich sie der Kammzone angehören, wieder den buchenbeeinflußten Hangbeständen nahe. Der noch nicht hiebreife Fichtenreinbestand hat dem älteren Buchenbestand gegenüber deutlich geringere Wassergehaltswerte bei Siedlungsflecken gleicher Art. Der Buchenbestand am Hemmrich gehört trotz seines hohen Minimums zu dem Bestand am Sandberg.

Um den Wassergehalt der frischen Humusproben unter den einzelnen Assoziationsteilnehmern am gleichen Standort mit einander vergleichen zu können, wurde die maximale Schwankungsbreite durch schematische Dreiteilung in drei willkürlich begrenzte Gruppen gleichen Feuchtigkeitsgehalts gegliedert. Die Grenzwerte sind für jeden Standort andere. Der ersten und der dritten Gruppe sind mehr Bedeutung beizumessen als der Mittelgruppe, die einen Übergang darstellt. Die Gruppengrenzen sind für jeden Standort besonders in der Tab. t angegeben. Ausschlaggebend für die Gruppenzugehörigkeit sind nicht die Extreme des Feuchtigkeitsgehalts, sondern die Zugehörigkeit des Hauptteiles der Schwankungsbreite zu einer der genannten Gruppen.

Nach dem Wassergehalt der frischen Bodenprobe gehören zur Gruppe:

1. Gruppe: Die Humusproben enthalten den geringsten Wassergehalt unter den Mineralbodensiedlern: Rubus id., Nephrodium

dryop., Catharinea undul., Luzula nemor., Calamagrostis arund.

Unter den Rohhumussiedlern: Dicranum scop., Hylocomium Schreb., Vaccinium myrt. (z. T.).

Auf guten Humusformen: Asperula odor.

2. Gruppe: Zu den mittelfeuchten Humusarten gehören die Humusschichten unter:

Auf Rohhumus: Fichtenstreu, Aira flex., Plagiothecium undul., Blechnum spic., Vaccinium Vitis id.

Auf gutem Humus: Oxalis acet., Mercurialis per., Petasites alb.

3. Gruppe: Den feuchtesten Humus findet man unter: Sphagnumarten, Vaccinium myrt. (z. T.).

Aspidium spin.-Humus bildet den Übergang von der 2. zur 3. Gruppe. Calamagrostis vil. und Polytrichum form. stehen am Übergang von der 1. zur 2. Gruppe. Dabei gehören die meisten untersuchten Pflanzen an verschiedenen Standorten derselben Gruppe an. Fichtenstreu, Myrtillus, Nephrodium fil. m., Athyrium alp., Ahtyr. fil. fem. und vor allem Carex stell. weisen sehr verschiedene Feuchtigkeit in den zugehörigen Humusschichten auf je nach der Lage des Standorts. Für die Fichtenforste ist von Bedeutung, daß Humus unter Fichtenstreu in größeren Höhenlagen zu den trockenen Proben zählt, während er im Gebirgsvorland der feuchten Gruppe angehört. Besondere Beachtung verdient im Zusammenhang damit die Zugehörigkeit von Myrtillus. Berücksichtigt man den Flächenanteil, den die Blaubeere an den einzelnen Standorten einnimmt, so gehört sie am nördlichen Steilhang, wo sie durch forstwirtschaftliche Maßnahmen begünstigt wird und die Bodendecke beherrscht, zu der Gruppe mit dem niedrigsten Wassergehalt. An den Standorten mit stärkerem Bucheneinfluß gehört der Myrtillushumus zur entgegengesetzten Gruppe und wird bei zunehmender Lichtung sofort durch Aira besiedelt. Durchwandert man hiebreife Fichtenbestände in der Steil- und Kammzone, so findet man die Blaubeere auf relativ trockenen Streuanhäufungen um moderne Fichtenstubben herum, während die flachen Mulden und Rücken der Bodenoberfläche von Aira und in der Kammzone von Calamagrostis beherrscht werden. Da nach der Schlämmanalyse, abgesehen von der verschieden weit vorgeschrittenen Ausbleichung, die Profile am Queis und am Sandberg in ihrer Körnung nicht wesentlich verschieden sind, wird es dem Einfluß der stärkeren Buchenbeimischung zu verdanken sein, daß durch die günstigen Feuchtigkeits- und Humusverhältnisse die Blaubeere im Mischwald eine untergeordnete Rolle spielt gegenüber Oxalis, Aira und Nophrodium dryop. Leider erfolgt der Abtrieb der kleinen Mischbestände so früh, daß kaum das erste Besiedlungsstadium mit Oxalis überschritten wird.

Die Gruppierung der Pflanzenarten nach dem Wassergehalt der lufttrocknen Probe in Prozent der Trockensubstanz wird erst nach der Besprechung des Gehalts der Proben an organischer Substanz angeführt.

Der Crumpsche Faktor

Der Koeffizient der Bodenfeuchtigkeit ist nach Crump die wichtigste Konstante für diejenigen Pflanzengesellschaften, deren Vorkommen und Verbreitung durch die Bodenfeuchtigkeit bedingt wird. Da die Besiedlung des Fichtenwaldbodens von der Gunst der Lichtverhältnisse abhängig ist, muß der Crumpsche Faktor dort die geringsten Schwankungen aufweisen, wo bei maximaler oder minimaler Lichtmenge die Besiedlung des Bodens von den Feuchtigkeitsverhältnissen abhängt. Daher findet sich in Rabishau und im Fichtenbestand des Buchberges die geringste Schwankungsbreite des Bodenfeuchtigkeitskoeffizienten. Die niedrigsten Werte erreicht dieser Faktor (0,1) unter einem pulvertrocknen Dicranum scop.-Rasen in Rabishau. Von den am gleichen Standort untersuchten Humusproben unter Oxalis waren nur diejenigen Oxalispflanzen noch frisch am Ende der großen Dürre 1934, deren Bodenfeuchtigkeitskoeffizient den Wert 0,8 nicht unterschritt; Proben mit den Werten von 0,3 bis 0,6 trugen vertrocknete Oxalispflanzen.

Vergleicht man dieselbe Spanne des Crumpschen Faktors für dieselbe Humusart an verschiedenen Standorten, so ist sie für Fichtenstreu und Dicranum scop. am engsten. Im Gegensatz dazu zeigen Calamagrostis, Rubus, Polytrichum, Aspidium und die Athyriumarten die größte Schwankungsbreite. Die kleinsten Koeffizienten liegen für fast alle Assoziationsteilnehmer zwischen 0,2 und 0,4, für die verschiedenen Fichtenbestände zwischen 0,1 und 0,6, für die buchenbeeinflußten Bestände zwischen 0,8 und 1,0. Da dieser Koeffizient ein Quotient ist aus dem Wassergehalt der frischen Bodenprobe und dem Humusgehalt, so ist damit gezeigt, daß sowohl an sämtlichen Standorten als auch unter allen horst- und fleckweise wachsenden Assoziationskomponenten im Sommer sehr geringe Werte im Humus auftreten können. Die Werte im Fichtenwald erreichen im Durchschnitt nur die Hälfte des Betrages der Minimawerte im Buchenwald. Es ist damit noch nichts gesagt über die Frühjahrsverhältnisse, die wahrscheinlich für die Besiedlung des Humus ausschlaggebend sind (A. von Horn 1936).

Der Humusgehalt der Bodenproben

Der Humusgehalt einer Bodenprobe im humiden Waldgebiet kann besonders bei sogenanntem Auflagehumus durch Glühen der Bodenprobe recht genau ermittelt werden. Da auch die Proben vom Buchberg in dieser Weise untersucht wurden, wird immer ein kleiner Teil Wasser auch nach sorgfältigstem Trocknen in den Humusgehaltsangaben enthalten sein, so daß es nötig ist, darauf hinzuweisen, daß die "organische Substanz" chemisch genauer als Glühverlust zu bezeichnen wäre. Die Bezeichnung "Humus" wird hier wegen ihrer Vieldeutigkeit vermieden.

Die Maxima des Gehalts an organischer Substanz in den Humusbbdenproben liegen für alle untersuchten Fichtenbestände bei 90 %. Dabei fällt das Maximum in der Kammzone auf Calamagrostis vil., in der Steilzone auf Myrtillus, im Gebirgsvorland auf die Fichtenstreu. Das Maximum am Buchberg liegt im Fichtenbestand mit 82 % bei Myrtillus (vgl. Steilhang), im Buchenbestand liegt es mit nur 77 % bei Oxalis. Die Minima werden mit geringerer Höhenlage bei allen untersuchten Beständen erheblich kleiner, das gilt auch für die Pflanzenarten. Rabishau stellt keine Ausnahme von dieser

Regel dar, weil hier das Minimum bei Aira liegt, während es am Steilhang bei Nephrodium dryop. oder Catharinea undul. liegt.

Faßt man alle 479 Einzeluntersuchungen auf den Gehalt an organischer Substanz der Humusproben in Stufen zusammen, so ergeben sich deutlich 3 verschiedene Häufungsmaxima (vgl. Schaubild 5, Teilbild 2). Die Erklärung dieser drei ineinanderlaufenden Kurven geht aus der Tab. t und u oder aus dem Schaubild h_1 hervor. Es handelt sich nicht um eine dreigipfelige Kurve, sondern um drei in einander geschobene Kurven, hinter deren Maxima gut abgrenzbare Pflanzengruppen stehen:

1. Gruppe: 10 bis 20 % organische Substanz enthalten die Humusproben unter: Catharinea undul., Calamagrostis arund., Luzula nemor und Carex stell.

2. Gruppe: 40 bis 50 % organische Substanz enthalten die Humusproben unter: Nephrodium fil. m., Athyrium alp., Athyrium fil. fem., Petasites alb., Asperula od., Rubus id., Buchenstreu, Oxalis acet., Mercurialis per., Nephrodium dryop.

3. Gruppe: 70 bis 90 % organische Substanz enthalten die Humusproben unter: Blechnum spic., Hylocomium Schreb., Sphagnumarten, Polytrichum form. (z.T.) und Aspidium spin.

4. Gruppe: 80 bis 90 % organische Substanz enthalten die Humusproben unter: Plagiothecium undul., Vaccinium vitis id., Calamagrostis vil., Fichtenstreu, Dicranum scop., Aira flex. und Vaccinium myrt.

Gruppe 3 und 4 sind durch das Maximum bei 80 bis 90 % im Kurvenbild (Schaubild 5) vertreten. Durch das verschieden steile Ansteigen der Kurvenäste wird bildlich die Anteilnahme zweier verschiedener Gruppen am Aufbau der auf die höchste Probenanzahl gestützten Kurve angezeigt. Die Reihenfolge, in der die Pflanzenarten hier und in allen anderen Gruppenaufzählungen angeführt sind, ergibt sich aus der Lage des Häufungsmaximums der Proben, bezogen auf die Probenanzahl (Tab. u). Bildlich kommt das Hinüberwandern des Häufungsmaximums von Stufe zu Stufe innerhalb der Gruppe durch die verschiedenen Arten recht gut zum Ausdruck (Schaubild h_1). In der Tab. u sind die zur bildlichen Darstellung herangezogenen Werte als Prozente der untersuchten Probenzahl einer Art angegeben. Da von einzelnen Arten nur wenige Proben untersucht wurden, entsprechend ihrer geringen Bedeutung für die Zusammensetzung ihrer Assoziationen, ist die Anzahl der untersuchten Proben angegeben. Damit ist für die Arten mit geringer Probenanzahl der Hinweis gegeben, daß die Werte infolge der sorgfältigen Auswahl nur als wahrscheinlich gelten.

Der Wassergehalt der lufttrocknen Probe in Prozent der Trockensubstanz

Die Schwankungsbreite des Wassergehalts der lufttrocknen Bodenprobe in Prozent der Trockensubstanz ist wesentlich enger als die des Wassergehalts der frischen Probe. Auch hier verringert sich die Spannweite in der gleichen Reihenfolge mit abnehmender Höhenlage. Die Humusproben vom Sandberg sind z.T. deutlich feuchter (Buche) als an der Ludwigsbaude und am Queis, was besonders bei der Blaubeere hervortritt. Die Humuspreben der Buchbergbestän-

de haben ein größeres Minimum als die entsprechenden Proben der Kammzone, während das Maximum kleiner ist (Durchlässigkeit, Krümelung). Der Buchenbestand vom Hemmrich entspricht dem Mischwald auf dem Sandberge. Weil diese Untersuchungen erst 1 Jahr nach dem Einsammeln der Proben durchgeführt wurden, ist kaum anzunehmen, daß die Unterschiede auf andere Ursachen zurückzuführen sind als auf die Differenz in der durch verschiedene Feinstruktur bedingten Zurückhaltungskraft des Restwassers.

Im Bereich der Kammzone findet man auf wenig geneigten Flächen besonders typisch unter Calamagrostis einen breiigen, schmierigen Humusteig, der sehr langsam trocknet und an der Luft zum Teil recht feste Krümel bildet. Diese Humusform ist bedingt durch undurchlässige Podsolschichten, welche dafür sorgen, daß der A_o-Horizont dauernd Senkwasser führt. Im Gegensatz dazu ist Humus unter Aira meist schon im naturfeuchten Zustand wesentlich lockerer, krümeliger und trocknet leichter aus (Ramann 1911). Am Steilhang wird man, von extremen Stellen abgesehen, vergeblich nach so teigigem Humus suchen. Am deutlichsten wird der Unterschied aber auf dem am stärksten durchlässigen Boden an der Ludwigsbaude am Hangfuß. Dazwischen liegen viele Übergangsformen. Auf den feinerdereicheren Böden am Sandberg und am Hemmrich wird, sobald Humusauflagen vorhanden sind, eine der Kammzone ähnliche Konsistenz erreicht. Der teigige Humus und die ihm nahestehenden Humusformen sind nur über Podsolschichten und verdichteten Bodenhorizonten zu finden. Die im lufttrocknen Zustand vorhandenen Krümel besitzen nach dem Trocknen der Humusprobe bei 105° eine verschieden große Fähigkeit, das Restwasser festzuhalten. Die beiden Buchbergprofile gehören zur Gruppe der durchlässigen Böden, ihre hohen Minima an Bodenfeuchtigkeit sind durch die Krümelung verständlich. Den Gegensatz zum teigigen Humus findet man im ausgesprochenen Trockentorf in Rabishau.

Faßt man die 478 untersuchten Einzelproben des Gesamtgebiets zusammen, so ergibt sich eine zweigipfelige Kurve (Schaubild 5). Hinter dem Maximum zwischen 4 bis 10 % stehen zwei Gruppen von Pflanzen: (Bild h_2)

1. Gruppe: 2 bis 4 % Restwasser in der Trockensubstanz; hierher gehören die Humusarten unter: Catharinea undul., Carex stell., Asperula od., Rubus id.

2. Gruppe: 4 bis 10 % Restwasser in der Trockensubstanz; hierher gehören die Humusarten unter: Calamagrostis arund., Luzula nemor., Polytrichum form., Nephrodium dryop., Athyrium alp., Athyrium fil. fem.

   Hinter dem zweiten großen Maximum der Kurven bei 12 bis 14 % stehen wieder zwei gut abgrenzbare Pflanzengruppen.

3. Gruppe: 12 bis 14 % Restwasser in der Trockensubstanz; hierher gehören die Humusarten unter: Asperula od., Nephrodium fil. m., Mercurialis per., Calamagrostis vil., Petasites alb., Dicranum scop., Aspidium spin., Buchenstreu, Oxalis acet., Fichtenstreu und Vaccinium myrt. (z. T.).

4. Gruppe: mehr als 14 % Restwasser in der Trockensubstanz; hierher gehören die Humusarten unter: Vaccinium myrt., Sphagnumarten, Aira flex., Plagiotheeium undul., Hylocomium Schreb., Blechnun spic.

Die pH-Werte der frischen Humusproben

Da fast sämtliche Pflanzen mehrere Profilschichten durchwurzeln, gelten die angegebenen pH-Werte nur für die Humusschicht und sind daher nicht absolut charakteristisch.

Im Hinblick auf die verschiedenen Standorte verschiebt sich die Schwankungsbreite der pH-Werte mit abnehmender Höhenlage von der stark sauren nach der weniger sauren Seite hin. Dabei hängt die Breite der Schwankung davon ab, wie weit bei günstigen Standorten neben Vertretern der stark sauren Pflanzen (Fichtenreinbestandpflanzen) durch den Einfluß der Buche Mischbestandespflanzen auftreten. An sämtlichen Standorten mit Bucheneinfluß wird die Höhe des pH-Maximums nach der weniger sauren Seite verschoben. Interessant ist, daß der Bestand am Flinsberger Hang bei stärkerer Beteiligung von Sorbus aucup. am Baumbestand sozusagen einen Übergang darstellt zwischen dem Fichtenreinbestand und dem Buchenfichtenmischwald. Der Buchenverbreitung entsprechend ergibt sich im Untersuchungsgebiet ein Unterschied zwischen dem Kamm einerseits und der Steilzone mit den Buchbergbeständen andererseits hinsichtlich der Höhe der pH-Werte. Dagegen beweisen die pH-Werte von Rabishau, daß im Isergebirge die Zunahme der pH-Werte nicht eine Funktion der größeren Höhenlage und der höheren Humidität des Klimas ist (Zlatnik 1925), sondern durch die Zusammensetzung der Baumschicht (Streu) bestimmt wird.

Bei der Kurve, welche die 582 Proben des Gesamtgebiets darstellt, findet man 2 verschiedene Häufungsmaxima. Hinter dem Maximum zwischen pH 4,0 bis 4,8 stehen (Bild 5 und h3):

1. Gruppe: pH 4,8 bis 5,0. Über schwach saurem Humus wachsen: Mercurialis per., Asperula od., Rubus id., Nephrodium fil. m.,

2. Gruppe: pH 4,0 bis 4,8. Auf saurem Humus wachsen: Catharinea undul., Oxalis acet., Buchenstreu, Athyrium alp., Athyrium fil. fem., Luzula nemor., Calamagrostis arund., Petasites alb., Polytrichum form., Nephrodium dryop., Aspidium spin.

3. Gruppe: pH 3,2 bis 4,0. Auf stark saurem Humus wachsen: Carex stell., Calamagrostis vil., Fichtenstreu, Aira flex., Blechnum spic., Hylocomium Schreb., Vaccinium myrt. und die Sphagnumarten.

4. Gruppe: pH unterhalb 3,2. Auf sehr stark saurem Humus wachsen: Plagiothecium undul. und Dicranum scop.

Es scheint daher, daß durch die Ungunst der physikalischen Bodenverhältnisse der pH-Wert der Humusschicht über die Ansiedlung bestimmter Pflanzenarten mit entscheidet. Die Beeinflussung des Säurezustandes des Humus durch den Streuabfall einer Pflanzenart ist exakt erst für wenige Pflanzen (Myrtillus) durch A. Koslowska 1934 bewiesen worden.

Die Humifizierungszahlen der Humusproben

Humifizierungszahlen können berechnet werden nach der Vorschrift von J. Blanckmeister, 1931; U. Springer, 1931; A. Nemeč, 1928. Blanckmeister benutzt den Quotienten aus Auflagehumus und

Auflagestreu, der zur Beschreibung der Humusverhältnisse bei der Forsteinrichtung dienen soll, da nach Krauß u. Großkopf 1928 die Menge der Humusauflage nur im Zusammenhang mit der Streuproduktion des Standortes beurteilt werden darf. Nach A. Nemeč 1928 hat die Mächtigkeit der Humusdecke keinen entscheidenden Einfluß auf den Humuszustand, sondern nur der Verlauf der Verwesungsprozesse entscheidet über den Humuscharakter. Heuell 1930 glaubt in dem Quotienten aus der Austauschazidität und der hydrolytischen Azidität einen Wertmesser gefunden zu haben für die Gunst oder Ungunst der Humuszersetzungsverhältnisse. Da dieses Verhältnis einerseits von dem Wassergehalt des Bodens stark abhängig ist, und andererseits nach Hitschold 1933 theoretisch keine eindeutigen Beziehungen zwischen den beiden Aziditätsformen bestehen, ist die Methode für die Beurteilung der Humuszersetzung nicht brauchbar. Das Verfahren nach U. Springer 1931 wird im Zusammenhang mit den kolorimetrischen Humusuntersuchungen besprochen.

Die Humifizierungszahlen nach A. Nemeč 1928 sind dagegen auf eine Erscheinung gegründet, die bereits J. Liebig bekannt war, nämlich, daß Boden die Fähigkeit besitzt, Wasserstoffsuperoxyd zu zerlegen. Da man den Vorgang chemisch als Katalyse auffaßt, spricht man von der erwähnten Erscheinung als von der katalytischen Kraft des Bodens. Die Ergebnisse der wichtigsten Arbeiten, die zur Klärung dieser Bodeneigenschaft ausgeführt wurden, bringt K. Scharrer 1936. Nach diesem Verfasser ist die katalytische Kraft des Bodens ein Komplex verschiedener Ursachen, in dem anorganische Verbindungen, organische Verbindungen und biochemische Faktoren eine Rolle spielen können. Daher ist es abzulehnen, aus der katalytischen Kraft der Böden allein tiefere Schlüsse auf die Bodenfruchtbarkeit zu ziehen (K. Scharrer 1936, S. 828). Die zuverlässigsten Werte erhält man durch gasvolumetrische Messungen des freiwerdenden Sauerstoffs, ein umständliches, langwieriges Verfahren, welches sich für lange Untersuchungsreihen nicht eignet.

A. Nemeč 1928 hat nun im Anschluß an Robinson u. Jones nach einer Meßmethode gearbeitet, die sehr wohl für die Untersuchung einer großen Anzahl von Proben geeignet ist; sie trägt den Charakter einer Feldmethode.

Bei Humus- und Mullböden werden 1 g lufttrockner, gesiebter Boden mit 60 bis 100 ccm 6 %iger H_2O_2 übergossen, 15 Minuten lang gekocht, filtriert, wiederholt mit heißem Wasser ausgewaschen, in eine Porzellanschale übergespült und bei 100° bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Die Menge der unveränderten organischen Substanz wird als Glühverlust bestimmt und in Beziehung gesetzt zu dem in der ursprünglichen Substanz bestimmten Glühverlust. - Da in Anbetracht des relativ groben Verfahrens mit größeren Analysenfehlern zu rechnen ist, werden nur abgerundete Werte angegeben. Die Gruppengrenzen wurden aus der bildlichen Darstellung des Gesamtgebiets abgeleitet. Im Vergleich mit den Ergebnissen von Nemeč ist zu beachten, daß ich keine Mischproben untersucht habe, und daß die Humusproben von Standorten stammen, die hinsichtlich der Wärme und des Niederschlages stark von einander abweichen.

Im Hinblick auf die verschiedenen Standorte ergibt sich aus der Tab. 13, Reihe 6, daß mit abnehmender Höhenlage das Minimum der Humifizierungszahlen wächst, während das Maximum fast an sämtlichen Standorten nahezu gleich ist. Das größte Minimum haben die

Buchbergbestände, wobei der Buchenbestand den Fichtenbestand übertrifft. Dabei entsprechen die guten Humusformen den hohen Humifizierungszahlen und der Rohhumus den niedrigen Werten.

Die Gesamtkurve der Probenhäufigkeit innerhalb der verschiedenen Stufen zeigt nur 1 Maximum zwischen 70 und 75 %. Es lassen sich aber drei Pflanzengruppen abgrenzen, die nur wenig in ihrer Anteilnahme an dem Aufbau der Gesamtkurve im Verhältnis zu einander verschoben sind, so daß das Gesamtbild zu einer Kurve zusammenfällt (Bild 5):

1. Gruppe: Humifizierungszahlen von 85 bis 76 %. Auf gut zersetztem Humus wachsen: Mercurialis per., Petasites alb., Rubus id., Asperula od., Nephrodium fil. m., Nephrodium dryop., Oxalis acet. und auch die Buchenstreu zeigt hohe Humifizierungszahlen.

2. Gruppe: Humifizierungszahlen von 75 bis 71 %. Auf Humus mit gehemmter Zersetzung wachsen: Sphagnumarten, Polytrichum form., Carex stell., Plagiothecium undul., Catharinea undul,, Blechnum spic., Aspidium spin., Athyrium alp., Ahtyrium fil. fem., Calamagrostis arund.

3. Gruppe: Humifizierungszahlen unter 70 %. Auf Humus mit stokkender Zersetzung stehen: Aira flex., Vaccinium myrt., Fichtenstreu, Hylocomium Schreb., Dicranum scop., Calamagrostis vil., Vaccinium vitis id.

Die Jodzahlen der Humusproben (Pentosangehalt)

A. Koch, 1914: "Außer anderen Gründen wird die Giftwirkung der Koniferen-Stoffwechselprodukte auf höhere Pflanzen und Bakterien mit dazu beitragen, daß die Bodendecken der Fichtenwälder im Gegensatz zu den Buchenwäldern ungünstig auf das Pflanzenwachstum einwirken." Im Gegensatz zu Ehrenberg vertritt Koch die Ansicht, daß die Kahlschlagflora kein Beweis ist gegen das Ergebnis seiner Untersuchungen, da die Pflanzen verschieden empfindlich sind gegen die ätherischen Stoffe der Fichtenstreu. Der beträchtliche Gehalt an ätherischen Ölen und Harzen bildet einen Zersetzungswiderstand, er wirkt wie ein natürliches Desinfektionsmittel.

Wichtiger als diese Zellinhaltsstoffe sind für die Humusbildung die Zellmenbranstoffe. Großkopf, 1928 u. 1935, hat gezeigt, daß die Zunahme des Reinhumus oder der Humusstoffe proportional zu der Abnahme des Lignins erfolgt (1928, S. 350). In dem von Großkopf gezeichneten Schaubild (S. 380), das die stoffliche Veränderung bei der Bildung von Auflagehumus aus Fichtennadeln darstellt, verläuft die Kurve der Pentosane ähnlich der des Lignins. A. Nemeč hatte 1929 im Anschluß an Humifizierungsuntersuchungen auch den Pentosangehalt der Humusproben bestimmt. Er schließt aus dem mit zunehmender Tiefe abnehmenden Pentosangehalt, daß diese Stoffe wesentlich mehr der Zersetzung Widerstand leisten als andere Kohlehydrate der Zellmenbran. Pentosane bilden besonders in den pflanzlichen Geweben einen wichtigen Zellbaustein, welche Gerüst- und Stützfunktionen zu erfüllen haben. Der Pentosangehalt der Humusschichten entstammt dem Streuabfall des Baumbestandes und der Waldbodenvegetation.

Eine kleine Humusprobe wird im Soxhletextraktionsapparat mit einem Gemisch von gleichen Teilen Alkohol und Benzol vollständig ausgezogen. Zwecks einer näheren Identifizierung der Extraktionsstoffe, welche in dem Benzol-Alkoholauszug übergehen, wird das Extraktionsergebnis in 15 ccm Chloroform aufgelöst und in dieser Lösung die Jodzahl bestimmt, und zwar wird sie auf 100 g organische Substanz (wasser- und aschenfreie Substanz) umgerechnet. Die Jodzahl gibt diejenige Jodmenge an, die in Gegenwart von Quecksilberchlorid aus einer alkoholischen Jodlösung bei Zimmertemperatur durch die Extraktstoffe aufgenommen wird. Dadurch wird ein Ausdruck für die Menge der in den Extraktstoffen enthaltenen ungesättigten Verbindungen gefunden, an die sich das Jod anlagert. Die genaue Analysenvorschrift entspricht der Bestimmung der Jodzahl in Fetten und Ölen.

Die untere Grenze der Jodzahlen liegt für die Fichtenstandorte bei 1,0 g, für die buchenbeeinflußten Bestände bei 0,6 g. Die obere Grenze ist bei den Fichtenreinbeständen stets größer als bei den gemischten Beständen. In den Fichtenreinbeständen verringern sich die Jodzahlen kaum mit abnehmender Höhenlage. Die Schwankungsbreite der Werte ist im Moorwald am größten, im Buchenbestand am Buchberg am kleinsten.

Bei der Zusammenfassung der 405 Einzeluntersuchungen zu einer Gebietskurve findet man wie bei den Humifizierungszahlen nur ein Maximum, das zwischen 1,5 und 2,1 g Jod liegt (Bild 5):

1. Gruppe: Jodzahlen bis 1,5 g. Hierher gehören die Humusproben unter: Petasites alb., Mercurialis per., Calamagrostis arund., Asperula od., Catharinea undul.

2. Gruppe: Jodzahlen von 1,6 bis 2,1 g. Hierher gehören die Humusproben unter: Polytrichum form., Carex stell., Vaccinium vitis id., Plagiothecium undul., Fichtenstreu, Vaccinium myrt., Buchenstreu, Sphagnumarten, Dicranum scop., Aira flex.

   Am Übergang zur 3. Gruppe stehen: Nephrodium fil. m., Athyrium alp. und Athyrium fil. fem.

3. Gruppe: Jodzahlen über 2,2 g. Hierher gehören die Humusproben unter: Blechnum spic., Oxalis acet., Aspidium spin., Rubus is., Nephrodium dryop., Calamagrostis vil.

Bei dem Vergleich der Ergebnisse der Untersuchungen über die Humifizierungszahlen und die Jodzahlen der Humusproben läßt sich nur für einen kleinen Teil der Pflanzenarten Parallelität zwischen einer hohen Humifizierungszahl und einer kleinen Jodzahl feststellen. Es stimmen überein:

in der 1. Gruppe: Petasites, Mercurialis, Asperula, Polytrichum,

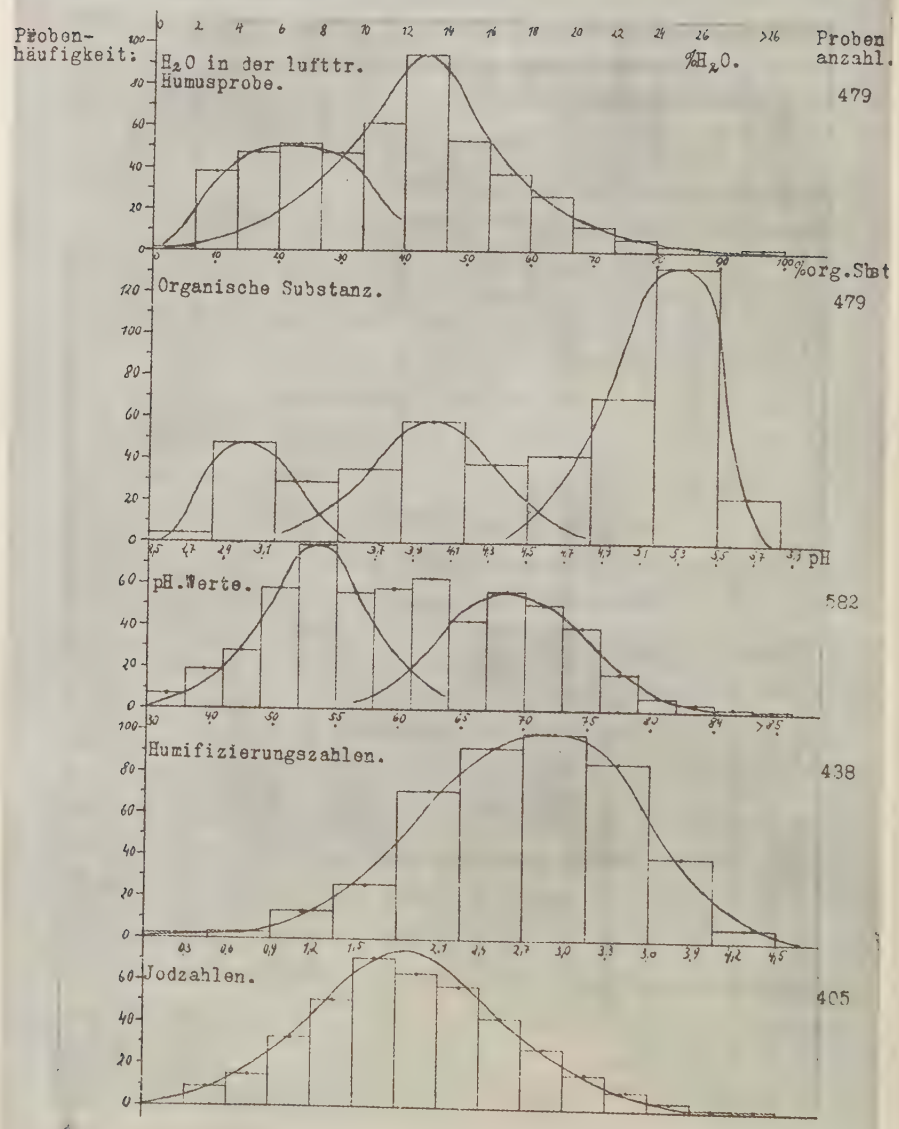
" " 2. " : Carex, Plagiothecium, die Athyrium-Arten,

" " 3. " : Calamagrostis vil.

Entgegengesetzt verhalten sich: Rubus, Nephrodium dryop., Oxalis, Nephrodium fil. m. Die restlichen Arten springen zum Teil zu Nachbargruppen über. Da alle Proben mit gleicher Sorgfalt analysiert wurden, scheint mir durch die Zugehörigkeit einzelner Pflanzenarten zu entgegengesetzten Gruppen der Hinweis gegeben zu sein, daß diese Arten unter einem veränderten Bestandeshaushalt eine verschieden weite Anpassungsmöglichkeit besitzen. So findet sich z.B. Rubus id.

Bild: 5.

Humus Übersicht I.



auf gutgekrümeltem Mull in Buchenbestand auf dem Buchberg, auf fast humusfreiem Mineralboden im Bestand oder auf der Kahlschlagfläche, auf Humuspolstern über Urgesteinsblöcken. Oder man trifft Oxalis acet. auf dem Buchberg im Mullhumus des Buchenbestandes, auf den ersten Fichtenhumusanhäufungen nach beginnender Auflichtung des Bestandes, zwischen Aira im Fichtenwald in Rabishau, auf dem Hohen Iserkamm über einer Podsolschicht im Auflagehumus, soweit eine Blockhalde den Untergrund bildet, endlich fehlt es auch auf dem Boden des Moorwaldes nicht. Da bisher erst relativ wenige Einzelproben untersucht wurden, ohne daß man auftretenden Schwierigkeiten bei der Auswertung durch systematische Untersuchungen hätte nachgehen können, bleibt diese Frage vorläufig unlösbar.

Die Farbzahlen der Aufschwemmung der Humusboden-
proben mit verschiedenen Lösungen

Besonders seit den Untersuchungen von E. Melin und S. Oden, 1917, hat man versucht, mit den verschiedensten, vorwiegend alkalischen Lösungsmitteln die Frage nach dem Zersetzungszustand des Humus zu lösen. Die Antwort ist darum besonders schwierig, weil der Humuskörper noch ein unbekanntes Stoffgemisch ist. Da mir zu Beginn meiner Untersuchungen nur die Analysenvorschrift von U. Springer 1931 bekannt war, habe ich die Humusproben mit 5 %iger Soda- und 5 %iger Natronlaugelösung ausgezogen. Inzwischen ist vor allem durch die Arbeiten von K. Simon 1936 einerseits das Arbeiten mit weniger konzentrierten Lösungen und andererseits mit neutralen kalkfällenden Salzen eingeführt worden. Bei dem Arbeiten mit relativ hoch konzentrierten Alkalilösungen erfolgt besonders in der Hitze nicht nur ein Angriff auf die noch nicht humifizierten organischen Substanzen, sondern auch auf noch unangegriffene pflanzliche Gerüstsubstanzen. Damit werden künstliche Zersetzungszustände geschaffen, die nicht den natürlichen Verhältnissen entsprechen. Andererseits wird durch das grobe Extraktionsverfahren mit starken Alkalilösungen die Differenzierungsmöglichkeit stark eingeschränkt, so daß auch U. Springer 1936 u. 1937 die schwächer konzentrierten Lösungen empfiehlt. Damit werden die Analysenergebnisse zwar nicht wertlos, aber es ist durch diese neuesten Erfahrungen der Hinweis gegeben, daß ohne komplizierte Zusatzuntersuchungen (Behandlung mit Azetylbromid, Extinktionsmessungen) die Ausdeutung der Ergebnisse bei Nichtberücksichtigung der Nachteile der angewandten Methoden zu Fehlschlüssen führen kann. Durch die kolorimetrische Humusuntersuchung werden besonders die farbkräftigsten Stoffe, die Humine, erfaßt. Stark gefärbte Extrakte zeigen für sich schon hohe Humifizierung an.

Da mir im Zusammenhang mit den Aziditäts- und Durchflußmessungen das verschieden gefärbte Durchflußwasser aufgefallen war, habe ich die Humusproben auch mit Wasser extrahiert bei Einwaage der doppelten Substanzmenge. Die kolorimetrische Messung der Wasserextrakte ist häufig erst nach wiederholter Filtration möglich. Die Zahlenwerte können nur als lose Vergleichszahlen gelten, da die vorwiegend gelblich gefärbten Extrakte schwer mit der nach der Vorschrift von Oden hergestellten rotbräunlichen Standardlösung zu vergleichen sind. Für die farbzahlen der Soda- und Natronlaugeextrakte wurde streng nach der Vorschrift von U. Springer 1931 verfahren mit der Abweichung, daß die eingewogene Humusmenge so bemessen wurde, daß in der analysierten Probe nicht 0,2 g (Springer), sendern 0,15 g organische Substanz enthalten war. Das Gleiche

gilt auch für die Oxydimetrie. Bezüglich der Analysenvorschrift ist die Kenntnis der Springerschen Originalarbeiten unerläßlich. (U. Springer 1931 bis 1937.) Da die verschiedene Zusammensetzung des Humuskörpers nicht eingehender untersucht werden konnte, beschränke ich mich darauf, die stets nach demselben Verfahren erhaltenen Analysenzahlen zu vergleichen.

Die Farbwerte der wässrigen Humusauszüge zeigen mit Bezug auf die verschiedenen Standorte am Buchberg und in Rabishau die geringsten Schwankungen. Dabei liegen die Farbwertminima in den Buchbergbeständen und in dem Buchenwald am Hemmrich. Die Farbwerte der Sodaauszüge verschieben sich bei fast gleichbleibender Schwankungsbreite auf Kosten der Farbwertminima in den buchenbeeinflußten Beständen und am Buchberg. Ähnliches gilt für die Auszüge mit Natronlauge. Im Bereich der vorherrschenden Blaubeere (Queis) liegen die absoluten Farbwertmaxima.

Ordnet man die Pflanzen in Gruppen je nach der Farbstärke ihrer Humusextrakte, verglichen mit der Standardlösung, so ergeben sich für die verschiedenen Extraktionsmittel folgende Gruppen: (Bild 6)

Die Farbzahlen in:

	Wasser	Soda	Lauge
	bis 1,4	bis 3,0	bis 3,5
1. Gruppe:	Petasites	Calamagrostis	Catharinea
	Mercurialis	Asperula	Calamagrostis ar.
	Hylocomium Schreb.	Petasites	Petasites
	Asperula	Athyrium	Mercurialis
	Carex st.	Mercurialis	Athyrium
			Asperula
	1,5 bis 1,8	3,0 bis 4,0	3,5 bis 4,5
2. Gruppe:	Plagiothecium	Oxalis	Oxalis
	Catharinea	------	Rubus
	Blechnum	Rubus	Nephrodium dryop.
	Luzula	-----	Carex
	Athyrium	Luzula	Aspidium
	Polytrichum	Buchenstreu	Myrtillus
	Nephrodium dr.	Catharinea	Calamagrostis
	Rubus	Nephrodium dr.	
	Aira	Carex	
	Oxalis	Polytrichum	
	Calamagrostis	----------	
	Aspidium	Nephrodium fil.m.	
	Myrtillus	Aspidium	
	Sphagnum	--------	
	Fichtenstreu		
	über 1,9	über 4,0	über 4,5
3. Gruppe:	Buchenstreu	Dicranum	Polytrichum
	Nephrodium fil.m.	--------	Dicranum
	Dicranum	Plagiothecium	Nephrodium dr.
	Calamagrostis	Fichtenstreu	Hylocom. Schreb.
	Vacc. vitis id.	----------	Plagiothecium
		Hylocom. Schreb.	Fichtenstreu
		Vacc. vitis id.	Blechnum
		Calamagrostis	Aira
		Myrtillus	
		Aira	
		Blechnum	

Im Gegensatz zu dem Vergleich der Zugehörigkeit der Arten zu den verschiedenen Gruppen bei der Bestimmung der Humifizierungszahlen und der Jodzahlen finden sich hier weit mehr Pflanzenarten in derselben Gruppe bei verschiedenem Extraktionsmittel.

Der Farbzahlenquotient

U. Springer 1931 sah in der Bildung des Quotienten

$$\frac{\text{Farbzahl im Laugenauszug}}{\text{Farbzahl im Sodaauszug}} = \frac{L}{S}$$

einen Ausdruck für den Gehalt an Huminen. Dagegen ist es nach U. Springer 1936, S. 350 verfehlt, aus dem L/S-Quotienten auf einen hohen Gehalt an Huminen oder Lignohuminen zu schließen. Denn einen Anhaltspunkt für den wahren Gehalt der Probe an diesen Stoffen erhält man nur durch den Wert Ac L / Ac S (korrigierter L/S-Quotient), d.h. durch dasselbe Verfahren nach Vorbehandlung der Humusproben mit Azetylbromid, wodurch etwa vorhandene Lignine und Homolignine und deren Säuren, die durch die Alkalien mit roter bis rotbrauner Farbe gelöst werden, ausgeschaltet werden (S. 531 ff). Da durch die wiederholte Untersuchung derselben Humusproben der Probenvorrat erschöpft wurde, konnte ich leider auch nicht für einige Proben die beschriebene Korrektur vornehmen. Ich werde mich daher für die Auswertung auf die bei der kolorimetrischen Messung beobachtete Rötung der Analysenproben im Vergleich zur Standardlösung stützen.

Die Schwankungsweite der ermittelten L/S-Quotienten ist im Hinblick auf die verschiedenen Fichtenstandorte sehr eng trotz der verschiedenen untersuchten Pflanzenarten; sie liegt zwischen 0,7 und 1,5, ohne daß durch die großen Höhendifferenzen der Standorte eine Änderung zu beobachten wäre. Für die reinen Buchenbestände wurde fast dasselbe Minimum gefunden; das Maximum liegt dagegen bei 2,2. Die Schwankungsbreite verdoppelt sich.

In Bezug auf die untersuchten Pflanzenarten ergeben sich für die Humusproben folgende Gruppen (Bild 6; Tab. 14 und u):

1. Gruppe: L/S-Quotient kleiner als 1,0. Hierher gehören die Humusproben unter: Catharinea undul., Luzula nemor., Blechnum spic., Vaccinium vitis id., Calamagrostis ar. und die Athyriumarten z.T.

2. Gruppe: L/S-Quotient 1,0 bis 1,1. Hierher gehören die Humusproben unter: Calamagrostis vil., Vaccinium myrt., Aspidium spin., Nephrodium fil. m., Nephrodium dryop., Hylocomium Schreb., Oxalis acet., Sphagnumarten. Carex stell., Rubus id., Athyriumarten zum Teil, Asperula od. Mercurialis per.

3. Gruppe: L/S-Quotient größer als 1,2. Hierher gehören die Humusproben unter: Aira flex., Fichtenstreu, Plagiothecium undul., Polytrichum form., Petasites alb. und Dicranum scop.

K. Simon 1936, S. 266 unterscheidet:

1. Echte Humusstoffe (Huminsäuren),
2. Rotteprodukte (Humolignine),
3. Begleitstoffe (Fulvosäuren, Pflanzenskelette).

Für die vorliegenden Humusuntersuchungen sind davon besonders die ligninartigen Rotteprodukte interessant, die sich durch Alkalien (K. Simon 1936, S. 262) viel leichter herauslösen lassen als die unversehrten Lignine. Man erhält bei reichlichem Vorkommen dieser Stoffe braunrote Extrakte, in denen die Humolignine umso reichlicher vertreten sind, je mehr das Extraktionsmittel aufspaltend auf die Humusprobe einwirkte. Die Rotteprodukte sind (Simon 1936, S. 267) unausgereifte in Zwischenzuständen steckengebliebene Humusformen, deren Weiterentwicklung in Richtung auf Humifizierung oder Abbau verlaufen kann; "sie stehen den Gerüststoffen der Pflanzen noch ziemlich nahe, sind aber chemisch und physiologisch ungleich mobiler und aktiver geworden." Innerhalb der natürlichen Reaktionsbreite sind die Humolignine wasserunlöslich, sie sind daher in verrottenden Pflanzenresten zu finden. "Bei allmählichem Fortgang (Simon 1936, S. 264) der Aufspaltung, die schließlich bis zur Wasserlöslichkeit führt, verursachen die mobil gewordenen Humolignine mit anderen Säuren in der Mischfraktion der Fulvosäuren vereint, entbasende Podsolierung." (Rötliche Anfärbung von Abwässern aus sauren Wiesen und Mooren.) Praktisch wichtig ist, "daß der bisher in ungesunder Weise angestaute Vorrat von Rohhumus und Rotteprodukten bei Herstellung günstiger Bedingungen Nährhumus wird." K. Simon 1936, S. 264. Für diese Umwandlung ist wesentlich, daß Bedingungen, die den mikrobiologischen Abbau hemmen, auch ungünstig auf die Humifizierungsvorgänge einwirken. Diese Vorgänge gehen im sauren Gebiet gar nicht oder nur langsam vonstatten und erst recht nicht bei Luftmangel.

Bei den kolorimetrischen Messungen wurde die deutlich sichtbare Rötung der Analysenlösung gegenüber der Standardlösung stets vermerkt. (Die Namen der Pflanzen, in deren Humusschichten diese Erscheinung auftrat, wurden S. 122 +) unterstrichen.) Im Hinblick auf die Simon'schen Forschungen werden die beobachteten Unterschiede wertvoll. Von den untersuchten Standorten zeigen alle untersuchten Humusproben im Moorwald und in Rabishau stets eine starke Rötung der Humusextrakte. Die Standardlösung war dagegen stärker rot als die Analysenlösung bei den Humusproben von Buchberg, Sandberg und Hemmrich, und zwar nur bei einzelnen Pflanzen: Athyriumarten, Calamagrostis arund., Petasites alb.; während bei Streu, Dicranum, Aspidium, Polytrichum, Rubus und Oxalis die Extrakte stärker gerötet waren. (Die Namen der Pflanzen, deren Extrakt der Humusschichten weniger rot war als die Standardlösung, sind an der oben angeführten Stelle einfach unterstrichen.) ++) Erwähnenswert ist, daß die Sodaauszüge diesen Unterschied in der Rötung der Extrakte deutlicher zeigten als die Laugenauszüge. Wahrscheinlich sind alle übrigen untersuchten Pflanzenarten zwischen den sich extrem verhaltenden Humusarten der genannten Pflanzen einzuordnen. Durch die von Simon mitgeteilten Beobachtungen wird es möglich, in Verbindung mit dem von A. Hock 1937 angegebenen Meßverfahren, die Teilnehmer einer Assoziation hinsichtlich der Humusverhältnisse und dem Humuszustand sehr genau zu charakterisieren. Es ist gewiß kein Zufall, daß gerade innerhalb der Steilzone die Gegensätze im Gehalt an Humoligninen am größten sind, und zwar hier wieder bei den buchenbeeinflußten Beständen. Schon in den ältesten Reisebeschreibungen wird der Unterschied zwischen der Großen Iser und dem Queis in Bezug auf die Braunfärbung ihres Wassers betont.

Für die Gruppenbildung nach den errechneten L/S-Quotienten ist es wichtig, daß die wahrscheinlich an Humoligninen ärmeren Hu-

---

+) gestrichelt unterstrichen ++) durchlaufend unterstrichen

musproben außer Petasites der ersten Gruppe angehören, also fast gleiche Farbwerte im Soda- und Laugenauszug besitzen, während die wahrscheinlich humoligninreichen Proben durch stärkere Alkalilöslichkeit der Humolignine ungleiche Farbwerte aufweisen bei verschiedenen Extraktionsmitteln. In Bezug auf die Schwankungsbreite der L/S-Quotienten an den verschiedenen Standorten sehe ich in den höheren Maxima und in der doppelten Schwankungsbreite an den buchenbeeinflußten Beständen der Steilzone eine Übereinstimmung mit den Ergebnissen von A. Hock 1937. Dieser Forscher ermittelte für die n i c h t degradierten Braunerden ein k_1/k_2 von 1,5 bis 5,1, während er für die degradierten Braunerden für den gleichen Quotienten 0,35 bis 1,1 fand (Hock 1937, S. 308). (Der erwähnte Koeffizient ist k_1/k_2 = Extinktionskoeffizient in 1,0 % $Na_2C_2O_4$: Extinktionskoeffizient in 0,5 % NaOH.) Damit soll natürlich nicht behauptet werden, daß die verschiedenen Untersuchungsweisen sich in ihren Ergebnissen decken, sondern daß der Verschiebung der absoluten Werte in der angegebenen Richtung wahrscheinlich gleiche Bedeutung zukommt, zumal an den betreffenden Standorten, die für die bessere Boden- und Humusgüte als Weiserpflanzen dienenden Arten im Verhältnis zur Standardlösung weniger gerötete Extrakte ergaben. Bei weniger konzentrierten Extraktionsmitteln und bei einer nicht so aufspaltend wirkenden Arbeitsweise werden diese Verhältnisse noch klarer hervortreten.

Der Permanganatverbrauch der Aufschwemmung der Humusproben mit 5 %iger Natronlauge

Durch die Permanganatwerte werden nach K. Simon 1936, S. 274 "alle in Frage kommenden organischen Substanzen mit Ausnahme der Essigsäure erfaßt. Der Oxydationswert entspricht der Verbrennungswärme, steht daher in logischer Verbindung mit dem biologisch belangreichen Energiewert und kann so eher mehr sagen, als die kaum durchführbare Bestimmung der gelösten Gewichtsmengen." Da die Titration nach der Arbeitsanweisung von U. Springer 1931 erfolgt ist, haftet der Gewinnung der Analysenproben derselbe Nachteil an, der für die Auswertung der Farbwerte schon angegeben wurde.

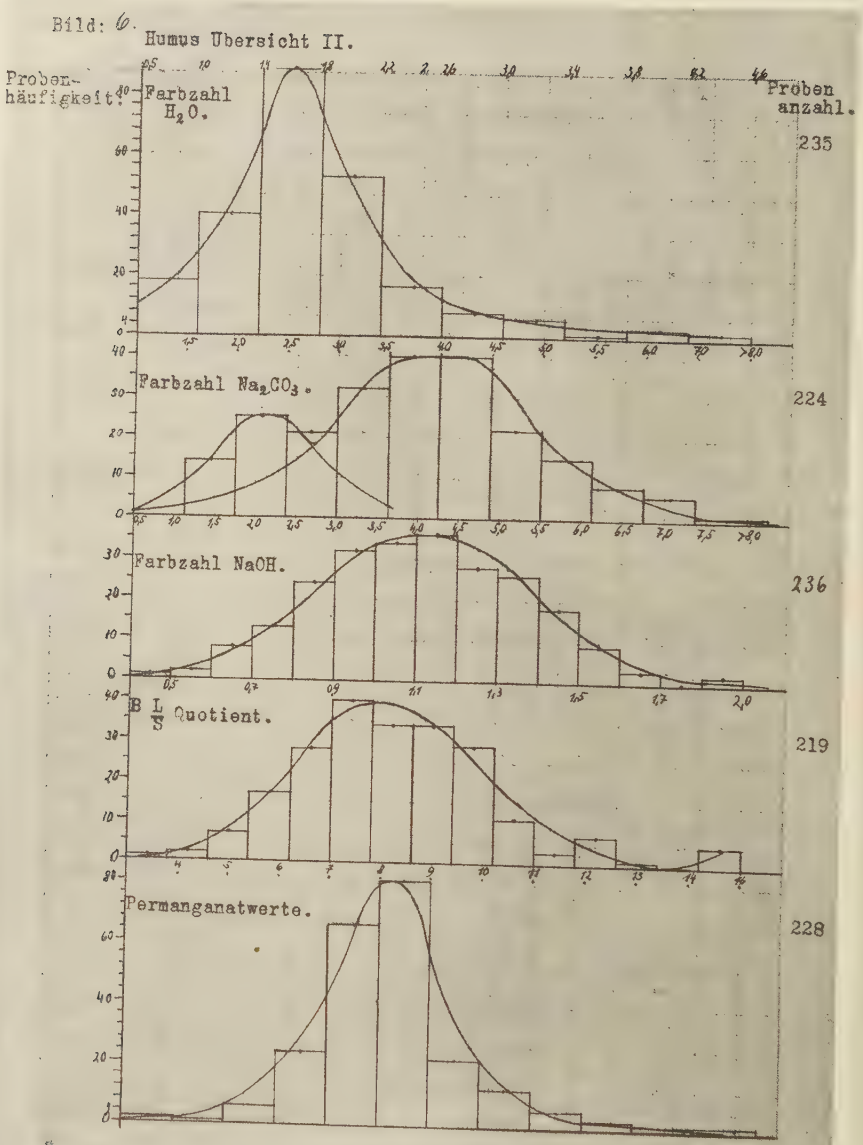
Hinsichtlich der Schwankungsbreite der Permanganatwerte an den verschiedenen Standorten zeigen die buchenbeeinflußten Bestände Sandberg und Hemmrich die niedrigsten Minima und Maxima im Vergleich mit den übrigen Fichtenreinbeständen. Im Gegensatz dazu zeigen die höchsten Extremwerte die Buchbergproben, die wegen des Basaltbodens, dem sie aufliegen, nach Springer mit Salzsäure vorbehandelt wurden. Durch diese Maßnahme verlieren sie ihre sonst so charakteristische Sonderstellung.

Eine Gruppierung der Pflanzenarten nach der Höhe des Permanganatverbrauchs ergibt folgende Gruppen:

1. Gruppe: $KMnO_4$- Verbrauch bis 7 ccm haben die Humusproben unter: Luzula nemor., Calamagrostis arund., Asperula od. und die Athyriumarten z. T.

2. Gruppe: $KMnO_4$- Verbrauch bis 8 ccm haben die Humusproben unter: Athyriumarten, Hylocomium Schreb., Nephrodium dryop., Plagiothecium undul., Calamagrostis vil., Vaccinium myrt. und unter der Buchenstreu.

Bild: 6.


Humus Übersicht II.
Proben-
häufigkeit%
Proben
anzahl.
Farbzahl
H_2O.
235
Farbzahl Na_2CO_3.
224
Farbzahl NaOH.
236
B $\frac{L}{S}$ Quotient.
219
Permanganatwerte.
228

3. Gruppe: $KMnO_4$- Verbrauch über 9 ccm haben die Humusproben unter: Fichtenstreu, Aira flex., Oxalis acet., Rubus id., Aspidium spin., Polytrichum form., Dicranum scop., Nephrodium fil. m., Carex stell., Blechnum spic., Vaccinium vitis id., Mercurialis per., Vaccinium myrt. (Rest), Petasites alb. und Catharinea undul.

Zieht man nun die 220 bis 230 Einzeluntersuchungen für jedes Extraktionsmittel und für die Permanganatwerte zusammen, so ergeben sich eingipfelige Kurven, deren Maxima liegen (Tabelle 14, u; Bild 6):

für die	Extraktion	mit	Wasser	zwischen	1,4	bis	1,8
"	"	"	Soda	"	3,5	"	4,5
"	"	"	Lauge	"	3,5	"	4,7
"	L/S-Quotienten			"	0,9	"	1,2
"	Permanganatwerte			"	7,0	"	9,0.

Während für fast alle eben angeführten Übersichtskurven die in der Besprechung der einzelnen Untersuchungsarten genannten Gruppen von Pflanzenarten nur durch Unregelmäßigkeiten im Aufbau der Kurven bildmäßig zu erkennen sind, erhebt sich für die Übersicht über die Sodafarbwerte zwischen 1,8 und 2,3 ein zweites Maximum, hinter der die angeführte erste Gruppe (S. 122) steht. Ohne Frage würden die in den ersten Humusübersichtskurven auch bildlich hervortretenden getrennten Maxima auch bei den folgenden Kurven zu finden sein, wenn durch schonendere Arbeitsweise eine größere Differenzierung erreicht worden wäre.

Zusammenfassung der Ergebnisse der Untersuchungen der Humusschichten unter den wesentlichen Assoziationskomponenten einzelner Fichtenforstassoziationen des Isergebirges

Ökologisch sehe ich den Wert der durchgeführten Humusuntersuchungen in der Aufstellung der Übersichtskurven (Schaubild 5 und 6), die, im Gegensatz zu den Untersuchungen, die verschiedenen Pflanzenarten betreffend auf einer genügend großen Anzahl von Einzeluntersuchungen aufgebaut sind. Durch diese Kurven werden die charakteristischen Häufungsmaxima bei den einzelnen Untersuchungsweisen herausgestellt, die zur Kennzeichnung der Humusverhältnisse der verschiedenen Standorte sehr wohl geeignet erscheinen. Obwohl nur Humusproben weniger typischer Standorte zur Analyse herangezogen werden konnten und obwohl diese streng genommen nur unter diesen einmaligen Bedingungen Geltung haben, sind sie bei Berücksichtigung genügend großer Unterschiede (Häufungsmaxima) für das untersuchte Gebiet solange kennzeichnend, als die Probenauswahl bei einem Vergleich unter ähnlichen Gesichtspunkten erfolgt. Durch die Zusammenfassung der untersuchten Pflanzenarten zu Gruppen gleicher Häufungsmaxima lassen sich bei Berücksichtigung der 10 verschiedenen Untersuchungsweisen Pflanzen als Typen nennen für eine Gruppe von Assoziationsteilnehmern, die unter ähnlichen Humusbedingungen innerhalb des bearbeiteten Gebiets leben (Tab. 15). Es lassen sich folgende Humustypen aufstellen:

Polytrichumtyp: dazu gehören Polytrichum form., Catharinea undul., Luzula nemor.

Athyriumtyp: dazu gehören Athyrium alp., Athyrium fil. fem., Calamagrostis arund., Nephrodium dryop.

Asperulatyp: dazu gehören Aperula od., Mercurialis per., Petasites alb.

Oxalistyp: dazu gehören Oxalis acet., Rubus id., Nephrodium fil. m., Buchenstreu, Aspidium spin.

Fichtenstreutyp: dazu gehören Fichtenstreu, Dicranum scop., Aira flex.

Myrtillustyp: dazu gehören Vaccinium myrt., Plagiothecium undul., Blechnum spic., Hylocomium Schreb., Calamagrostis vil., Vaccinium vitis id.

Die Stellung von Sphagnum ist infolge geringer Probenzahl fraglich. Die Gruppenzugehörigkeit der einzelnen Arten ist für die verschiedenen Untersuchungsweisen aus Tab. 15 zu ersehen. Die Humustypen sind geordnet nach dem Gehalt an organischer Substanz, wobei die Vertreter der besseren Typen in die vordere Mitte gehören. Innerhalb der zu demselben Typ gehörigen Arten bestimmen die Anzahl der Abweichungen von der namengebenden Humusart die Stellung der einzelnen Art. Diese Gruppierung ist ein erster Versuch, der infolge der schwierigen Ausdeutung der Ergebnisse der Humusuntersuchungen, bezogen auf ein enges Gebiet hinsichtlich der Einteilung der Gruppen und der Wahl der typischen Vertreter, unsicher und verbesserungsbedürftig ist. Vielseitige, umfangreiche Humusuntersuchungen werden neben der Kenntnis der Lebensbedingungen der Assoziationen auch die noch hypothetischen Sukzessionsreihen erklären und befestigen, so daß damit die Wechselbeziehung zwischen der Pflanzendecke und dem Bodenprofil unter weitgehender Berücksichtigung der Periodizität der Prozesse allmählich auch nach ihrer wirtschaftlichen Bedeutung für das zu verwaltende Bodenkapital erkennbar werden.

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse der Böden einiger Fichtenforstassoziationen des Isergebirges

Die verschiedenen angewandten Bodenuntersuchungsweisen, welche die Erforschung des Bodengefüges zum Ziele haben, ergänzen sich gegenseitig vorteilhaft zu dem folgenden Gesamtbild, das durch die Aziditäts- und Humusuntersuchungen noch erweitert wird.

Die morphologische K a m m z o n e des Isergebirges zeigt ihren klimatischen Bedingungen und der Gestalt der Bodenoberfläche entsprechend vorwiegend verschieden stark ausgebildete Podsolprofile. Die durch den Auslaugungsvorgang verdichteten Eluvial- und Illuvialhorizonte stören das Bodenwärme- und und Bodenwassergefälle durch ihre veränderten Körnungs- und Durchlässigkeitsverhältnisse. Die für das Pflanzenwachstum wesentliche Durchlüftung des Bodenprofils wird durch den zunehmenden Auswaschungsvorgang soweit verändert, daß nach der Erreichung einer gewissen Bodendichte die degradierten Bodenhorizonte zur Unterlage werden für alle Übergangsstufen vom anmoorigen Calamagrostishumus bis zur Entwicklung kleiner Hangmoore. Die ganze Zone ist gekennzeichnet durch häufige, langandauernde Zeiten der Feuchtigkeitsübersättigung der

obersten Bodenschichten. Das perhumide Klima wird durch diese Bodenentwicklung in seiner ungünstigen Einwirkung auf die Pflanzenwelt noch verstärkt. Durch den stark versauernden Einfluß der Bestandesabfälle der an Ebereschen verarmten Fichtenbestände der Kammzone werden die Bodenreifungsvorgänge solange besonders beschleunigt, als durch die forstlichen Abtriebsmaßnahmen Pflanzenarten gefördert werden, die nicht allein auf ungünstigen Humusformen wachsen, sondern diese auch herbeizuführen vermögen. Es darf als wahrscheinlich angesehen werden, daß durch die künstlich größere Beteiligung der Eberesche an der Zusammensetzung des Baumbestandes die ungünstigen Lebenshaushaltbedingungen der Kammzone für die Pflanzenwelt gemildert werden können.

Der morphologischen S t e i l z o n e des Isergebirges fehlen z.T. noch stärkere Ausbleichschichten, da durch die hohe Reliefenergie die Auswaschwirkung des Wassers durch lockerer gelagerte Bodenprofile herabgesetzt wird. Der Auswaschvorgang erfaßt hier im Gegensatz zur Kammzone durch die größere Durchlässigkeit des Gesamtprofils auch die tieferen Bodenschichten. Im Vergleich zu den günstigen Bodenverhältnissen unter erhaltenen kleinen Mischwaldresten wirken besonders in dieser Zone die durch den ungünstigen Bestandesabfall der Fichtenreinbestände und ihrer Begleitflora aufgelagerten Humusschichten beschleunigend ein auf die fortschreitende Abwertung der ursprünglichen Bodenkräfte. Der an sich vorteilhaft gelagerte Boden der Hänge bietet durch seine Eigenschaften, welche durch die mechanische Bodenanalyse aufgezeigt wurden, in Verbindung mit dem ozeanischen Hangklima einen günstigen Standort für die Erziehung naturnaher Buchen-Fichtenmischwälder den Hang hinauf bis an die Grenzen baumförmigen Buchenvorkommens. Besonders die Untersuchung der Aziditäts- und Humusverhältnisse zeigt in dieser Zone den gegensätzlichen Einfluß der Fichtenreinbestände auf die Eigenschaften und die Reifung des Bodens gegenüber dem der Mischwaldbestände. Daher entspricht für die Steilzone nur der naturnahe Buchen-Fichtenmischwald den Standortseigenschaften.

In der V o r g e b i r g s z o n e des Isergebirges findet man ähnliche Bodenverhältnisse wie in der Steilzone. Durch die geringen Niederschlagsmengen treten nur schwache Ausbleichhorizonte auf. Dafür bilden sich ungünstige Humusformen aus, die in Bezug auf die Höhe der Aziditätsformen denen in der Kammzone nicht nachstehen.

Nach den Ergebnissen der Humusuntersuchungen unter den vorherrschenden Assoziationskomponenten wurden für das Untersuchungsgebiet Übersichtskurven gezeichnet, die durch charakteristische Häufungsmaxima die Humusverhältnisse kennzeichnen.

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

1. Die Zusammensetzung und der Haushalt der Fichtenfortassoziationen auf den verschiedenen Höhenstufen des Isergebirges sind von der Bestandeszusammensetzung, von der Bestandespflege und von der Abtriebswirtschaft abhängig.

2. Die Fichtenforstassoziationen sind als frühe, atypische Sukzessionsstadien zu einer noch unbekannten Kernassoziation hin aufzufassen und daher nur vorläufig dem Piceetum myrtilletosum zu-

zuzählen. Besonders im Bereich der Steilhangzone entsprechen sie nicht den durch Klima und Boden gegebenen Bedingungen.

3. Die verschiedenen morphologischen Böschungswinkelzonen des Isergebirges haben verschiedene Teilklimate und verschiedene Bodenverhältnisse.

4. Obgleich die ökologische Mannigfaltigkeit der Standorte sehr groß ist, führen die Fichtenreinbestände durch ihren ungünstigen Bestandesabfall zu einfachen, artenarmen Bodenpflanzengesellschaften, die der Herrschaft von Vaccinium myrtillus oder Calamagrostis vilose unterliegen, zumal durch die Kahlschlagwirtschaft ein Fortschreiten in dem Sukzessionsablauf unmöglich gemacht wird.

5. Soweit Buchenmischwaldfetzen erhalten sind, zeigen sie im Gegensatz zu den Fichtenreinbeständen günstige Boden- und Humusverhältnisse. Auch hier wird der Sukzessionsablauf der Bodenpflanzengesellschaften so früh beendet, daß nur der Anfang zu einer artenreicheren Bodendecke bei zunehmendem Bestandesalter erkennbar wird.

6. Es erscheint geboten, angesichts der großen Unterschiede auf kleinstem Raum die Analysenergebnisse als nur für den untersuchten Standort geltend anzunehmen, zumal durch die jahreszeitlichen Schwankungen eine weitere Unbekannte zu dem an sich schon verwickelten Bodenfaktorenkomplex hinzutritt. Erst hinreichend häufige Untersuchungen möglichst vieler Stellen können die Unterlagen liefern zu sicheren Verallgemeinerungen.

Die vielen Einzelergebnisse der durchgeführten Spezialuntersuchungen können nicht zusammengefaßt werden, da ihr Geltungsbereich nicht ohne viel Paralleluntersuchungen über den Standort hinaus verallgemeinert werden darf. Dagegen sind von allgemeinem Interesse folgende Beobachtungen:

1. Der Frühling fällt in abgeschlossenen Talwannen in der unteren Hangmitte ein und wandert von hier hangaufwärts und hangabwärts.

2. Das mittlere tägliche Minimum der Zeitspanne vom letzten mehrtägigem Frost bis zum mittleren Beginn der Vegetationsentfaltung liegt innerhalb enger Temperaturgrenzen trotz der verschiedenen Länge der berücksichtigten Zeit und der verschiedenen Lage der Meßstellen.

3. Durch den Eluvial- und Illuvialhorizont wird das absteigende Bodenwärmegefälle gestört.

4. Durch Schlämmanalysen der Bodenproben nach verschiedener Vorbehandlung gelingt es, den verschieden weit fortgeschrittenen Podsolationsprozeß in den Profilschichten meßbar zu machen.

5. Die Höhe der Austauschazidität und der hydrolytischen Azidität wird zur Zeit starker Wasserdurchspülung des Bodens beträchtlich verändert. Dabei werden die beiden Aziditätsformen durch die verschiedenartigen Profilschichten ungleich beeinflußt.

6. Nach den umfangreichen Klima- und Bodenuntersuchungen ist innerhalb der Steilzone des Isergebirges ein Buchenfichtenmischwald nicht nur möglich, sondern er muß im Interesse der Erhaltung der Bodenkraft sobald als möglich herangezogen werden.

Literaturnachweis

Aarnio, B. 1935: Über den Einfluß von Kalk auf die Reaktion des Bodens und über die Reaktionsschwankungen während der Vegetationsperiode. Maatal.Aikakausk., Helsinki 7.

Adam, 1886: Witterungsvergleich zwischen Schlesien und Nordwestdeutschland. Schlesischer Bödertag 1886 - 1892.

Aichinger, E. 1933: Vegetationskunde der Karawanken. Jena.

Alten, F. u. Kurmies, B. 1936: Die physikalisch-chemischen Gesetzmäßigkeiten beim Kationenumtausch im Mineralboden. 2. Sonderheft des "Forschungsdienst".

Angström, A. 1936: Bodentemperaturen in Beständen von ungleicher Dichte. Meddl. fr. stat. Skogsf. anst. H. 29.

Barnette, Hissink, van der Spek, 1926: Some remarks on the method of the determination of the p.h. of the soil. Actes conf. Pedologie. Rome.

Bartels u. Schubert, 1935: Witterung und Bodenfeuchtigkeit im Jahre 1934. Z.f.F.J.

Berg, G. 1923 (1922): Die Gesteine des Isergebirges. Jb.pr.geol. Landesanstalt Bd. 43.

Berg, G. 1926: Erläuterungen der geologischen Karte von Preußen und den benachbarten deutschen Ländern. 1 : 25 000.
Blatt Flinsberg Berlin 1926.
" Wiegandstal " 1926.
" Schreiberhau " 1922.

Biolley, 1934: Forêt et pluviosité. Comptes Rend. 20.

Biot, 1855: In Comptes Rend. 41.

Blanckmeister, J. 1931: Über die Entwicklung der Humusauflage in Nadelholzbeständen im Laufe des Bestandeslebens. Diss. TH Dresden.

Blanckmeister, J. 1936: Die Sächsische Staatsforstwirtschaft im Erzgebirge und nordwestsächsischen Niederland. Ztschr. f. Weltforstwirtschaft Bd. 3.

Blanckmeister, J. u. Merz, 1929: Untersuchungen über die Brauchbarkeit der Florentypen im Riesengebirge. Allg. F. u. Jgd. Ztg.

Blumrich, J. 1935: Hat das Isergebirge zur Eiszeit Eigengletscher getragen? Mittlg. d. Ver. d. Naturfr. in Reichenberg.

Böhme, J. 1930: Der Formenschatz im Isergebirge. "Firgenwald" Vierteljschr. f. Geol. u. Erdk. d. Sudetenländer Reichenberg H. 1 u. 2. (Phil. Diss. Leipzig 1930.)

Bradfield, R. u. Cowan, E.W., 1927: In "Soil Science" 24.

Braun, H., 1917: Der Buchberg bei Klein-Iser. Naturw. Ztschr. "Lotos" Bd. 65. Prag.

Braun-Blanquet, J. 1928: Pflanzensoziologie. Berlin.

Brieger, F. 1921: Die Vegetation des Isergebirges. Phil. Diss. Breslau. (Österr. bot. Ztschr. 1923.)

Bubnoff, S. von, 1930: Geologie von Europa. Bd.2. Tl.1, S.520 ff.

Burger, H. 1922: Physikalische Eigenschaften von Wald- und Freilandböden. I.- IV. Mittlg. d. eidgen. forstl. Versuchsanstalt 1922, 1927, 1929, 1932.

Burger, H. 1926: Natürliche Verjüngung und Bodenzustand. Schweiz. Ztschr. f. d. ges. Forstwesen.

Burger, H. 1926: Podsolböden im Schweizerwald. Schweiz. Ztschr. f. d. ges. Forstwesen.

Burger, H. 1926: Die physikalische Bodenuntersuchung, insbesondere die Methoden zur Bestimmung der Luftkapazität. Actes Conf. Pedologie, Rome.

Burger, H. 1931 bis 1933.
Waldklimafragen I. Bd. 17. 1931.
" II. " 18. 1933.
" III. " 18. 1933. (III als 1934 zit.)
Mittlg. d. schweiz. Anst. f. d. forstl. Versuchswesen.

Burger, H. 1934: Der Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer. Mittlg. d. schweiz. Anst. f. d. forstl. Versuchswesen. Bd.18.

Cajander, A. K. 1913: Über Waldtypen. Acta forest. Fennica.

Cajander, A. K. 1922: Über Waldtypen II. Acta forest. Fennica.

Cajander, A. K. 1922: Die übrigen Untersuchungen über die Waldtypen. Acta forest. Fennica.

Candolle, A. de, 1855: Géographie botanique raisonnée. Genf.

Cohn, F. 1852 u. 1851: Bericht über die Entwicklung der Vegetation im Jahre 1852 u. 1851. Jahrber. d. schles. Ges. f. vaterl. Cultur.

Cohn, F. 1855: Bericht über die Entwicklung der Vegetation in den Jahren 1853, 1854, 1855. Jahrber. d. schles. Ges. f. vaterl. Cultur.

Danckelmann, B. 1898: Phaenologie der Holzarten im deut. Walde. Ztschr. f. F. u. Jgdwesen.

Deines, G. u. Kleinschmidt, R. 1932: Vergleichende Untersuchungen zur Aziditätsbestimmung in Waldböden. Ztschr. f. Pflanzenern., Düngung u. Bodenk. Teil A. Bd. 25.

Deines, G. u. Kleinschmidt, R. 1933: Vergleichende Untersuchungen zur Aziditätsbestimmung im Walde. Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk. Bd. 32.

Dengler, A. 1935: Waldbau auf ökologischer Grundlage.

Dengler, A. 1937: Zeitwende im Waldbau. Silva.

Diels, L. 1925: Zur Kenntnis des mesophilen Sommerwaldes in Mitteleuropa. Veröff. d. geobot. Inst. Rübel in Zürich.

Dittrich, J. 1936: Beiträge zur Hydrologie der Moore. Sudetendeutsche F. u. Jgdztg. Bodenbach.

Dojarenko, A. G. 1927: Über die Durchlüftung des Bodens. Arbeiten d. Landwirtsch. Akademie, Moskau.

Domes, N. 1936: Die klimatisch bedingte Abnahme des Ertrages von Wald und Weide im Gebirge. Wien.

Domin, K. 1927: The Virgin Forest of Boubin with Geobotanical Remarks on the Sumava Mountains. Bullet. internat. der Academie tcheque d. sciences. Prague.

Domin, K. 1932: The beech Forests of Czechoslovakia. Veröff. d. geobot. Inst. Rübel in Zürich. Heft 8.

Döring, B. 1935: Die Temperaturabhängigkeit der Wasseraufnahme und ihre ökologische Bedeutung. Ztschr. f. Botanik. 28.

Dorscheid, O. 1907: Die mittlere Dauer des Frostes auf der Erde. Meteorol. Zeitschrift.

Eberts, 1936: Die Neuordnung des Forstwesens in Deutschland. Ztschr. f. Weltforstwirtschaft Bd. 3.

Elleder, H. 1932: Zur Frage der pH-Bestimmung in Wasser und Kaliumchloridlösung. Ztschr. f. Planzenern., Düng. u. Bodenk. Bd. 23.

Engler, A. 1864: Über die Vegetation des Isergebirges. Jahrber. d. schles. Ges. f. vaterl. Cultur. Bd. 42. (Österr. bot. Ztschr. 14, 1864.)

Engler, A. 1919: Untersuchungen über den Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer. Mittlg. d. schweiz. forstl. Versuchsanstalt. Bd. 12.

Exner, F. M. 1928: Vorläufiger Bericht über die Temperaturverteilung an einem Gebirgshang. Beitr. z. Physik d. fr. Atmosph. Bd. 14.

Falger, F. 1933: Welche Temperaturen sind für den Eintritt der Apfelblüte maßgebend? Nachrichtenbl. f. d. deut. Pflanzenschutzdienst.

Feher, D. 1932: Einige Bemerkungen zum Kahlschlagproblem. Silva.

Feher, D. 1936: Über den Einfluß des Wassergehalts auf die Gestaltung der pH-Werte. Zeitschr. f. Planzenern., Düng. u. Bodenk. Bd. 44.

Fiek, E. 1881: Flora von Schlesien. Wanderer im Riesengeb.

Fiek, E. 1884: Aufruf. (zur phänologischen Beobachtung.) Wanderer im Riesengeb.

Fiek, E. 1889: Exkursionsflora für Schlesien. Breslau.

Firbas, F. 1927: Die Geschichte der nordböhmischen Wälder und Moore seit der letzten Eiszeit. Beih. Bot. Zentralb. 43.

Firbas, F. 1928: Vegetationsstudien auf dem Donnersberge im böhmischen Mittelgebirge. Naturw. Ztschr. "Lotos" Bd. 67.

Firbas, F. 1929: Die Pflanzendecke des Friedländischen. Heimatkunde d. Bez. Friedland i/Böhmen. Tl. 1, H. 4, Friedld.

Firbas, F. 1936: Stand und Darstellung der spät- und nacheiszeitlichen Waldgeschichte Deutschlands. Forschungen und Fortschritte Nr. 31.

Fischer, K. R. 1933: Die Gablonzer Glas- und Schmuckindustrie. Festschrift z. Bundesfest i. Gablonz. Gablonz.

Forstordnung, 1756: Neue revidierte und vermehrte Holtz-, Mast- und Jagdordnung für unser souveränes Erbherzogtum Schlesien und die souveräne Grafschaft Glatz, vom 19. April 1756.

Forstordnung, 1777: Forstordnung d. d. Potsdam, den 8. September 1777 für die schlesischen Gebirgsforsten . . . . . besonders für die Forsten der gräflich Schaffgotsch'schen Majoratsherrschaft Kynast, Giersdorf und Greifenstein, wie auch wegen Errichtung einer besonderen Gebürgs-Forstkommission zu Schmiedeberg. (Beide Forstordnungen sind in der gräflichen Bibliothek in Warmbrunn einzusehen.)

Frank, E. 1929: (1927): Über Bodenazidität im Walde. Diss. Freiburg i/Br.

Freckmann, W. u. Baumann, H. 1936: Zu den Grundfragen des Wasserhaushaltes im Boden und seine Erforschung. Bodenkunde und Pflanzenernährung. Bd. 2.

Fritsch, A. u. Laube, G. 1895: Geologische Karte von Böhmen Sektion II u. III.
Erläuterungen zur geologischen Karte von Böhmen. Arch. d. naturw. Landesdurchforschung v. Böhmen. Bd. 9 und 10, Prag.

Fuchs, W. H. 1935: Die Veränderung der Struktur und Reaktion der Zelle bei Abkühlung. Kühn Arch. 39.

Gaisberg, E. von, u. Schmid, H. 1933: Über Fichtenstandortstypen in Württemberg. Forstarchiv.

Ganssen, R. 1923: In Ztschr. f. Pflanzenern. u. Düng. u. Bodenk.

Gayer, K. 1889: Der gemischte Wald.

Gebirgsfreund, 1893: Warme Stellen beim Wittighaus. "Gebirgsfreund".

Geiger, R. 1925: Untersuchungen über das Bestandesklima I - IV. Forstwiss. Centralblatt.

Geiger, R. 1926: In Meteorologischer Zeitschrift.

Geiger, R. 1929: Messung des Expositionsklimas. Forstwiss. Centralblatt 1927 - 1929.

Gessner, F. 1930: Der Wald im Reichenberger Bezirke. Mittlg. d. Ver. d. Naturfr. in Reichenberg.

Gessner, H. 1931: Die Schlämmanalyse. Kolloidforschung in Einzeldarstellungen. Bd. 10, Leipzig.

Geologische Karte von Preußen und den benachbarten deutschen Ländern 1 : 25 000.

Blatt Wiegandstal - Tafelfichte Berlin 1925.
" Flinsberg - Strickerhäuser " 1925.
" Schreiberhau - Schneegruben " 1921.
Preuß. geolog. Landesanstalt Berlin.

Göppert, H. R. 1868: Skizzen zur Kenntnis der Urwälder Schlesiens und Böhmens. Verhandl. d. kaiserl. Leopoldino-Carolinischen deutschen Akademie d. Naturforscher, Dresden.

Göring, H. 1936: Deutsches Volk - deutscher Wald. Ztschr. f. Weltforstwirtschaft. Bd. 3.

Goy, S. 1936: Die elektrometrische Titration und das Gesetz des basenfassenden Raumes. "Forschungsdienst", Bd. 2.

Graser, H. 1928 und 1935: Die Bewirtschaftung des erzgebirgischen Fichtenwaldes. Dresden.

Grohmann, E. 1935: Bodenentwicklung in Böhmen. Natur u. Heimat, Jahrg. 6.

Großkopf, W. 1928: Wie verändern sich stofflich und morphologisch die Fichtennadeln bei der Bildung von Auflagehumus in geschlossenen Fichtenreinbeständen. Thar. forstl. Jahrbuch.

Großkopf, W. 1935: Stoffliche und morphologische Untersuchungen forstlich ungünstiger Humusformen. Thar.forstl.Jahrbuch.

Hajosy, F. 1932: Zur einfachsten Bestimmung des Tagesmittels der Temperatur mit Hilfe der Extreme. "Das Wetter".

Hartmann, F. K. 1925: Untersuchungen zur Azidität märkischer Kiefern- und Buchenstandorte unter Berücksichtigung typischer Standortsgewächse als Weiser. Ztschr. f. F. u. Jgdwesen.

Hartmann, F. K. 1928: Kiefernbestandestypen des nordostdeutschen Diluviums. Neudamm.

Hartmann, F. K. 1932: Aufbau, Verbreitung und Haushalt natürlicher Fichtenwaldgesellschaften. Forstarchiv.

Hausrath, H. 1914: Der deutsche Wald. Berlin.

Heimath, P. 1933: Untersuchungen über Schwefelsäurevorkommen im sauren Waldhumus. Phil. Diss. Gießen.

Heisig, J. 1884: Die historische Entwicklung der landwirtschaftlichen Verhältnisse auf den reichsgräflich freistandesherrlich Schaffgotschischen Güterkomplexen in Pr. Schlesien. Jena.

Hellmann, G. u. Elsner, G. von, 1911: Meteorologische Untersuchungen über die Sommerhochwasser der Oder. Berlin.

Herrmann, E. 1933: Die schlesischen Forsten unter den Kriegs-Domänenkammern. Ztschr. f. F. u. Jgdwesen.

Hesselmann, H. 1925: Studien über die Humusdecke des Nadelwaldes, ihre Eigenschaften und deren Abhängigkeit vom Waldbau. Meddl. f. Stst. Skogsförsanst. Stockholm.

Heuell, 1930: Bestandesabfallzersetzung. Mitteilungen aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft. Jg. I.

Hilitzer, H. 1934: Die finnischen Waldtypen. Sbornik C.A.Z.

Hitschold, E. 1933: Bodenbiologie und Ertragsleistung in Fichtenbeständen der Oberförsterei Gahrenberg. Diss.Hann.Münden.

Hock, A. 1937: Farbtiefen und Farbtonwerte als charakteristische Kennzeichen für Humusform und Humustyp in Böden nach neuen Verfahren. Bodenkunde und Pflanzenernährung. Bd.2.

Hoffmann, H. 1881: Phänologische Karte von Mitteleuropa. Petermanns Mitteilungen.

Hoffmann, H. 1885: Resultate der wichtigsten pflanzenphänologischen Beobachtungen in Europa. Gießen.

Högglund, E. 1936: Der Einfluß der Holzbeschaffenheit auf die Ausbeute und Qualität der Sulfit- und Sulfatmasse. Scensk, Skogsför. Tidskr. Stockholm.

Horn, A. von, 1935: Die Rasenschmiele. Diss. La.H. Berlin.

Hoss, W. 1932: Die Methoden der Messung der Wasserstoffionenkonzentrationen im Hinblick auf botanische Probleme. Beih. Bot. Centralblatt. 49.

Hoyningen-Huene, P. F. Freiherr v., 1931: Die Bodentypen Nord- und Mitteldeutschlands. Diss. Danzig.

Hrubes, P. 1935: Eine Studie der Konsistenzgrenzen und der Festigkeit an einigen klimatogenetischen Bodentypen. Sbornik CAZ.

Huber, B. 1936: Der Wärmehaushalt der Pflanzen. Forschungen und Fortschritte.

Hübler, F. 1891: Eine Reise in das Isergebirge und die umliegenden Gegenden Böhmens und Schlesiens im Jahre 1796, Jahrb. d. dtsch. Gebirgsver. f.d. Jescheken- u. Isergeb.

Hübler, F. 1892: Ein Ausflug ins Isergebirge im Jahre 1845. Jahrb. d. dtsch. Gebirgsver. f.d. Jeschken- u. Isergeb.

Hübler, F. 1898: Der geologische Aufbau des Isergebirges. Jahrb. d. dtsch. Gebirgsver. f.d. Jeschen- u. Isergeb.

Hufnagel, L. 1935: Die Buchenfrage im Wechsel der Zeiten. Centralbl. f. d. ges. Forstwesen.

Huyer, Alfred, 1928: Der Granitkontakt des Schwarzbrunnengebirges. Mittlg. aus d. Ver. d. Naturfr. in Reichenberg.

Jung, E. 1937: Bodenfrost und Bodenstruktur. "Forschungsdienst".

Jost, L. 1936: Baum und Wald. Berlin.

Kappen, H. 1920: Über die Aziditätsformen des Bodens und ihre pflanzenphysiologische Bedeutung. Landwirtsch. Versuchsstat. 96.

Kappen, H. 1931: Die Bodenazidität in ihrer Bedeutung für den Bodenfruchtbarkeitszustand. Handb. d. Bodenlehre Bd. VIII.

Keudell, v. 1936: Zum Aufbau des deutschen Zukunftswaldes. Ztschr. f. Weltforstwirtschaft, Bd. 3.

Knickmann, E. 1925: Untersuchungen zur Frage der Bodenazidität. Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk. Bd. 5.

Knie, J. G. 1831: Kurze geographische Beschreibung von Schlesien, Breslau.

Koch, A. 1914: Über die Einwirkung des Laub- und Nadelwaldes auf den Boden und die ihn bewohnenden Pflanzen. Centralbl. für Bakt. II. Abt.

Köhler, 1927: Die forstlichen Verhältnisse der Herrschaft Schaffgotsch im Riesen- und Isergebirge. Jahrb.d.schles.Forstver.

Kokkonen, P. 1926: Beobachtungen über die Struktur des Bodenfrostes. Acta forest Fennica.

Kopp, O. H. 1925: Ein Versuch zur Lösung des phänologischen Problems. Forstwiss. Centralbl.

Koslowska, A. 1934: The influence of Plants on the concentration of hydrogen Ions in the medium. Journ. Ecology. 22.

Köttgen, P. 1926: Zur Methodik der physikalischen Standortsuntersuchungen von Waldböden. Forstwiss. Centralbl.

Kötz, F. 1929: Untersuchungen über Waldtyp und Standortsbonität der Fichte im sächsischen Erzgebirge. Allgem. Forst- u. Jgdztg.

Krauss, G. 1926: Kurze Bemerkungen zur Bodenazidität von Waldböden. Actes de la 4. Conf. intern. de Pedologie. Rome.

Krauss, G. 1935: Die Bodenkunde in ihrer Bedeutung für die praktische Forstwirtschaft. Sonderheft II d. "Forschungsdienst".

Krauss, G. u. Großkopf, W. 1928: Methode und Beispiel für den regionalen Vergleich der Humusauflage. Thar.forstl.Jahrb.

Krogh, A. 1926: Die Mikrogasanalyse und ihre Anwendung. Handb.d. biol. Arbeitsmethoden. Abt. IV, Teil 10.

Kruedener, A. v., 1927: Waldtypen, Klassifikation und ihre volkswirtschaftliche Bedeutung. Neudamm.

Künkele u. Geiger, 1925: Hangrichtung und Pflanzenklima. Forstwiss. Centralbl.

Kvapil, K. u. Nemeč, A. 1925: Beitrag zur Frage des Einflusses reiner Fichten- und Buchenbestände auf einige Eigenschaften der Böden.

Lachmann, W. 1855: Die Entwicklung der Vegetation durch die Wärme. Jahresber. der schles. Ges. f. vaterl. Cultur.

Lehmann, H. 1936: Mikroklimatische Untersuchungen der Abkühlungsgröße in einem Waldgebiet. Geophysik. Inst. Leipzig, Serie II. 7.

Lemmermann, O. 1933: Die Ungleichmäßigkeit einiger Böden selbst auf kleinem Raum und ihre Bedeutung für die Bodenuntersuchung. Mezögazdas. Kutat.

Limpricht, G. 1872: Ergebnisse einiger botanischer Wanderungen durchs Isergebirge. Jahrber. d. schles. Ges. f. vaterl. Cultur.

Lüdi, W. 1925: Die Ergebnisse von Verdunstungsmessungen im Lauterbrunnental und in Bern in den Jahren 1917 - 1920. Veröffentl. d. geobot. Inst. Rübel in Zürich. Heft 3.

Lüdi, W. u. Luzatto, G. 1935: Vergleichende Untersuchungen zweier Methoden zur physikalischen Bodenanalyse. Ber. üb.d. geobot. Forschungsinst. Rübel in Zürich.

Lundegårdh, H. 1924: Der Kreislauf der Kohlensäure in der Natur. Jena.

Lundegårdh, H. 1930: Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben. Jena.

Maiwald, K. 1928: Untersuchungen zur Bestimmung und Deutung des Puffervermögens karbonatarmer Böden. Leipzig.

Mattik, F. 1934: Die Ergebnisse der pflanzenphänologischen Beobachtungen in Sachsen 1927 - 1933. Sitzungsber. u. Abhandl. d. naturw. Ges. Isis in Dresden.

Mayer, K. 1935: Ein Beitrag zur Vegetationskunde der Wälder des südlichen Schwarzwaldes. Phil. Diss. Berlin.

Mehring, H. 1909: Das Wetter im Riesengebirge. Der Wanderer im Riesengeb.

Melin, E. u. Oden, S. 1917: Kolorimetrische Untersuchungen über Humus und Humifizierung. Sveriges Geolog. Undersök. Stockholm.

Menzel, G. 1868: Physiographie des Isergebirges. Reichenberg.

Meusel, H. 1935: In Beihefte bot. Centralbl. Abt. B. 53.

Meyer, H. 1937: Holzartenübersicht von Niederschlesien und der Lausitz. Thar. forstl. Jahrb.

Milch, L. 1902: Beiträge zur Kenntnis der granitischen Gesteine des Riesengebirges. II. Teil. Neues Jahrb. f. Mineral., Geol., u. Palaeontologie. Beil. Bd. 15.

Morosow, F. G. 1928: Die Lehre vom Walde. Neudamm.

Müttrich, 1890: Über den Einfluß des Waldes auf die periodischen Veränderungen der Lufttemperatur. Ztschr.f. Forst- u. Jgdwesen.

Naegler, W. 1934: Der wärmste September seit mehr als 200 Jahren. "Das Wetter".

Nemeč, A. 1928: Untersuchungen über die Humifizierung von Waldhumus. Ztschr. f. Forst. u. Jgdwesen.

Nemeč, A. 1929: Beiträge zur Kenntnis der chemischen Vorgänge bei der Humuszersetzung im Walde. Forstw. Centralbl.

Nemeč, A. 1930: Untersuchungen über die chemischen Veränderungen der organischen Substanz bei der natürlichen Zersetzung der Humusauflagen in Wäldern. Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk. Teil A.

Nemeč, A. 1936: Das Problem der degradierten Waldböden. Sudetendeutsche F. u. Jgdztg.

Neugebauer, H. 1893: Das Isergebirge und insbesondere der Kurort Flinsberg in demselben. Görlitz.

Neumann, G. K. L. 1933: Geomorphologische Studien in der Oberlausitz und den angrenzenden Teilen des Jeschken- und Isergebirges. Diss. Berlin.

Novak, V. 1935: Die vertikale Verteilung der Temperaturextremitäten auf den ungeschützten Extremthermometer in den bodennahen Luftschichten. Sbornik. C.A.Z.

Novak, V. u. Pelisek, J. 1935: Die Bodenreaktionen der Felder des Schulgutes Zabcice der Hochschule für Landwirtschaft in Brünn und seine Variabilität. Sbornik. C.A.Z.

Ossat, G. de 1924: Temperatura dell Aria e del Suolo a Perugia. Actis Conf. Pedologie. Rom (1926).

Pannewitz, v. 1841: In Statut. u. Verhandl. d. schles. Forstvereins.

Partsch, J. 1911: Schlesien Bd. I. Breslau.

Plail, J. 1927: Pollenanalytische Untersuchungen einiger Hochmoore des Isergebirges. Mittlg. d. Ver. f. Heimatkd. d. Jeschken- u. Isergaues. 21.

Puchmayerova, M. 1936: Die Moore des Isergebirges. Arch. f. naturw. Landesdurchforschung Böhmens 19.

Ramann, E. 1898: Der Einfluß verschiedener Bodendecken auf die physikalischen Eigenschaften der Böden. Ztschr. f. F. u. Jagdwesen.

Ramann, E. 1911: Bodenkunde. Berlin.

Ratzeburg, J. T. C. 1842: Forstnaturwissenschaftliche Reisen durch verschiedene Gegenden Deutschlands. Berlin.

Rebel, 1936: Waldbauliches aus Bayern. Ztschr.f.Weltforstwirtsch.

Reichel, E. 1932: Die Verwendbarkeit des Tagesmittels in der Klimatologie Norddeutschlands. "Das Wetter".

Reinhold, G. 1927: Die Papierholzversorgung. Berlin.

Reinhold, G. 1935: Über Papierholzfragen. Forstw. Centralbl.

Rinmann, E. 1910: Der geologische Bau des Isergebirges. Jahrb. d. geolog. Landesanstalt.

Romell, L. G. 1922: Die Bodenventilation als ökologischer Faktor. Meddl. f. Stat. Skogsförsanst.

Rosenkranz, A. 1929: Der Iserproblem. "Firgenwald".

Roux, H. H. Le, 1935: Reinbestand und Mischwald als internationales Forstwirtschaftsproblem. Diss. TH Dresden.

Rubner, K. 1929: Bodenvegetation und Höhenbonität im Lehr- und Versuchsrevier Grafrath. Forstw. Centralbl.

Rubner, K. 1932: Holzartenwechsel. Forstarchiv.

Rubner, K. 1936: Neue Wege und Ziele des Waldbaus in Deutschland. Ztschr. f. Weltforstwirtschaft Bd. III.

Rüster, P. 1921: Die subalpinen Moore des Riesengebirges. Phil. Diss. Breslau.

Salminen, A. 1935: Über die Verwitterung der Gesteine und die Zusammensetzung der Tone. Maatalousk. Maat. Agrogeol. Julk. Helsinki.

Scharrer, K. 1936: Über katalytische Eigenschaften der Böden. "Forschungsdienst".

Schier, B. 1927: Flur und Siedlung. Heimatkd. d. Bez. Friedland. Friedland. Teil II.

Schiffner, V. 1908: Ökologische Studien über die sogenannten Knieholzwiesen des Isergebirges. Wiesner Festschrift, Wien.

Schindler, H. 1918: Klimatographie von Mähren und Schlesien. Wien.

Schmuziger, A. 1935: Über die Verteilung und den Chemismus der Humusstoffe in den Profilen einiger schweizerischer Bodentypen. Diss. Zürich.

Schoenichen, W. 1934: Der Wald in der deutschen Kultur. Jahrber. dtsch. Forstver.

Schreckenthal-Schmitscheck, G. 1935: Die Bodenarten und ihre Eigenschaften an der vertikalen Verbreitungsgrenze der Holzarten in Gebieten der österreichischen Alpen. Beih. bot. Centralbl. Bd. 52 B.

Schroeter, C. 1926: Das Pflanzenleben der Alpen. Zürich.

Schubert, H. 1929: Einfluß der Vorbereitung der Böden auf die Ergebnisse der mechanischen Bodenanalyse. Diss. Breslau.

Schubert, J. 1930: Das Verhalten des Bodens gegen Wärme. Handb. der Bodenlehre. Bd. 6.

Schubert, J. 1935: Witterung und Wasserhaushalt im Odergebiet besonders im Jahr 1934. "Das Wetter".

Schulze, B. u. Mehring, H. 1908: Die Temperaturen des Bodens und des Wassers bei Breslau im Vergleich zu den Temperaturen der Luft. Fühlings landwirtsch. Ztg.

Schwarz, E. 1932: Sudetendeutsches Ortsnamenbuch. Reichenberg.

Schwarz, E. 1935: Sudetendeutsches Flurnamenbuch. Prag.

Schwarz, H. 1931: Über die Beeinflussung des Bodenzustandes durch den Bestand. Forstw. Centralbl.

Scultetus, R. 1930: Die Beobachtungen der Erdbodentemperaturen im Beobachtungsnetze des Pr. Meteorol. Inst. Veröff. d. Pr. Meteorol. Inst.

Sedelmeyer, K. A. 1926: Niederschlagsverhältnisse auf der Südseite des Erzgebirges als Funktion der Seehöhe und des Böschungswinkels. Diss. Prag.

Selke, M. 1935: Die Böden Südniedersachsens. Diss. Danzig.

Siebelt, 1909: Etwas von der Flora des Isergebirges. Der Wanderer im Riesengeb.

Sigmond, H. 1932: Die Waldtypenlehre und ihre Anwendung. Natur u. Heimat.

Simon, K. 1936: Charakteristische Humusstoffe nach dem gegenwärtigen Stand ihrer Erforschung. "Forschungsdienst".

Smolik, L. 1926: Contribution à la Discolloiditée du Sol. Act. Conf. Pedologie Rome.

Smolik, L. 1933: Studien über die Bodenkolloide. Sbornik. C.A.Z.

Smolik, L. 1935: Contribution to the Variability of the Redox-Potencials of Soils. Sbornik C.A.Z.

Sokolowsky, A. N. 1926: Über eine neue Methode der chemisch-mechanischen Bodenanalyse. Act. Conf. Pedologie. Rome.

Spirhanzl, J. 1932: Bodentypen in Böhmen. Veda prirodni, cislo 2 - 3. (Vgl. E. Grohmann.)

Spirhanzl, J. 1933: Studie über die pleistozänen Lehmböden von der Umgebung von Jičin. Sbornik. C.A.Z.

Springer, U. 1931: Neuere Methoden zur Untersuchung der organischen Substanz im Boden und ihre Anwendung auf Bodentypen und Humusformen. Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk. Teil A. Bd. 22 u. 23.

Springer, U. 1936: Zur Kenntnis der Bindungsformen der Humusstoffe besonders in Waldböden. Zeitschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk. Bd. 45.

Springer, U. 1937: Zur Kenntnis einiger bekannter Handelshumusdüngemittel, ein Beitrag zu ihrer Beurteilung und Bewertung. Bodenkunde u. Pflanzenernährung. Bd. 3.

Stark, L. 1936: Zur Geschichte der Moore und Wälder Schlesiens in postglazialer Zeit. Bot. Jahrb. Bd. 67.

Stark, P. u. Overbeck, F. 1929: Zur Waldgeschichte Schlesiens, Planta 8.

Stenzel, 1877: Das Vorkommen des Knieholzes im Isergebirge. Jahrber. d. schles. Ges. f. vaterl. Cultur.

Straube, E. 1845: Ein Ausflug ins Isergebirge. Panorama des Universums. Bd. 12.

Stremme, H. 1936: Die Böden des deutschen Reiches und der freien Stadt Danzig. Petermanns Mittlg. Erg. Heft. Gotha.

Suchting, H. u. Volkert, E. 1934: Über die Bestimmung der pnysikalischen Lagerung und einiger davon abhängiger Eigenschaften des Bodens. Mittlg. a. Forstwirtschaft u. Forstwiss.

Svoboda, P. 1935: Die Waldgesellschaften des Piceion-Verbandes in den Liptauer Alpen. Sbornik. C.A.Z.

Sywall, K. 1932: Die Niederschlagsverhältnisse in Reichenberg in dem Jahrzehnt 1921 - 1930. Mittlg. d. Ver. d. Naturfr. in Reichenberg.

Szafer, W. 1935: The Significance of Isopollen Lines for the Investigation of the Geographical Distribution of Trees in the post glazial Period. Bull. Ac. Polon. Cracovie.

Tamm, O. 1934: Experimentelle Studien über die Verwitterung von Silikatmineralien. Arkiv f. Kemi. Mineral. o. Geol. Bd. 11. Stockholm.

Trenel, M. u. Pfeffer, P. 1936: Welche Laboratoriumsmethoden sind zur Beurteilung der Kulturböden für Klassifikation und Bewertung geeignet. 2. Sonderheft. "Forschungsdienst".

Uhl, F. A. u. Bauer, R. 1937: Über dreijährige Kalkdüngungsversuche auf sauren Wiesen. Bodenkunde und Pflanzenernährung.

Vietinghoff-Riesch, v. 1936: Forstlicher Naturschutz und Naturschutz im nationalen Lebensraum Deutschlands. Ztschr. f. Weltforstwirtschaft Bd. 3.

Vorreiter, L. 1937: Bau und Festigkeitseigenschaften des Holzes der Glatzer Schneebergsfichte. Thar. forstl. Jb.

Wagner, A. 1932: Der tägliche Luftdruck und Temperaturgang in der freien Atmosphäre und in Gebirgstälern. Beitr. z. Geophysik. Bd. 37.

Walter, H. 1932: Die Wasserverhältnisse an verschiedenen Standorten in humiden und ariden Gebieten. Beih. Bot. Centralbl. Erg. Bd. 49.

Watznauer, A. 1934: Der südliche Kontakt der Isergebirges. Naturwiss. Ztschr. "Lotos".

Wegener, R. 1922: Klimaprovinzen von Deutschland. Diss. Berlin.

Wehrmann, O. 1937: Methodik zur Ermittlung des Kalkbedarfs der Böden für die praktischen Erfordernisse der Felddüngung. "Forschungsdienst".

Werth, E. 1936: Die forstliche Bodenerkrankung durch Rohhumusbildung. Nachr. Bl. f. d. dtsch. Pflanzenschutzdienst.

Wiegner, G. 1924: Dispersoidchemie und Bodenkunde. Act. Conf. Pedologie. (1924) Rome 1926.

Wiegner, G. 1926: Über den Einfluß verschiedener Vorbehandlungsmethoden auf den mit Hilfe des Schlämmapparates von Wiegner-Gessner ermittelten Dispersitätsgrad von Bodendispersionen. Act. Conf. Pedologie. Rome 1926.

Wiegner, G. 1926: Anleitung zum quantitativen agrikulturchemischen Praktikum. Berlin.

Wiegner, G. u. Gessner, H. 1926: Die Bedeutung der pH-Bestimmung in der Bodenkunde. Kolloidzeitschrift. Bd. XL.

Wimmenauer, K. 1897: Die Hauptergebnisse zehnjähriger forstlich phänologischer Beobachtungen in Deutschland. Berlin.

Wimmer, F. 1844: Flora von Schlesien. Breslau.

Wittich, 1932: Für oder wider den Kahlschlag. Silva.

Woelfle, M. 1936: Sturmschäden im Wald. Forstwiss. Centrbl.

Wollny, E. 1894: Forstlich meteorologische Beobachtungen. Forschg. d. Agrikulturphysik. Bd. 17.

Wünsch, R. 1935: Pollenanalytische Untersuchungen einiger Moore bei Gablonz. Mittlg. d. Ver. d. Naturfr. in Reichenberg.

Wurmbach, H. 1935: Untersuchungen über die Schädlichkeit der Kohlensäure in der Bodenluft. "Pflanzenbau" 12.

Zajetzew, B. D. 1935: Über den Einfluß des Kiefern-, Fichten- und Laubwaldes auf die chemischen Eigenschaften des Waldhumus. Bodenkunde. Moskau. 30.

Zlatnik, A. 1925: Les Associations de la végétation des Krkonose. Vestnik kralovske ceske spol. nauk.

Abkürzungen

Z.f.F.J. = Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen.

Sbornik C.A.Z. = Sbornik Ceskoslovenska academie zemedelska, Prague.

Tabellenteil

Tabelle 1 Die Zusammensetzung einiger Gesteine.

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3 (FeO)	CaO	MgO	K_2O	P_2O_5	
Riesengebirgsgranit	73,3	13,0	4,9	3,9	2,1	--	--	L. Milch, 19
Gneisgranit	77,1	12,9	(0,1)	0,4	0,15	1,7	--	G. Berg, 19
Hornblendefels	44,1	5,7	4,7	5,9	24,4	1,1	0,2	G. Berg, 19
Nephelinbasalt	40,3	14,1	15,5	11,7	11,0	1,4	0,36	H. Braun, 19

Tabelle 2 Mehrjährige Temperaturmittel

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr	Höhe m	Niederschlag mm
Görlitz (30)	-1,6	-0,3	2,8	7,4	12,9	16,3	17,7	16,8	13,5	8,6	3,3	-0,2	8,1°	213	680
Reichenberg (10)	-2,6	-1,5	1,1	6,7	11,6	15,4	16,9	16,3	13,0	7,8	1,8	-1,8	7,1°	410	
Schreiberhau (30)	-3,2	-2,5	0,1	4,3	9,8	12,9	14,6	13,8	10,8	6,5	1,3	-1,9	5,5°	635	1110
Groß Iser (3)	-6,2	-4,8	-1,9	2,1	7,0	11,7	13,1	11,7	9,2	4,9	0,4	-3,3	4,8°	840	

Weitere Jahresmittel: Gablonz (6) = 6,6°
Flinsberg (2) = 6,5°
Neuwiese (8) = 4,6°

Tabelle 3 Relative Lagerungszahlen der mittleren monatlichen Temperaturmaxima im Frühling

1934 / 1933	Groß Iser 840 m	Flinsberg Hang 1111 m	Hasenbaude 1077 m	An der Hütte 1111 m	Klein Iser 863 m	An der Iser 827 m	Neuwiese 780 m	Ludwigsbaude 780 m	Schreiberhau 643 m	Flinsberg 475 m	Reichenberg 440 m	Rabishau 405 m	Görlitz 241 m
Iser		--	-0,3 (+1,3)	--	+0,5 (+0,5)	--	+0,5 (+0,2)	+1,6	+2,8 (+0,5)	+4,0 (+0,4)	+4,3 (0,0)	+2,7 (-0,3)	+5,2 (-0,1)
sb. Hang	-4,0		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
senbaude	-1,6	+2,0		--	-0,6 (-2,4)	--	+1,3 (-0,7)	+1,7	+3,3 (-0,7)	+4,3 (-0,7)	+4,6 (-0,7)	+3,0 (-1,7)	+6,3 (-0,4)
der Hütte	-3,3	+0,6	-1,3		--	--	--	--	--	--	--	--	--
Iser	0,0	+4,0	+1,8	+3,0		--	0,0 (-0,3)	+0,5	+2,6 (+0,4)	+3,3 (+0,3)	+3,7 (-0,6)	+2,3 (-0,4)	+4,7 (-0,6)
der Iser	-0,3	+4,0	+2,0	+3,3	+0,3		--	--	--	--	--	--	--
euwiese	+0,3	+4,0	+2,0	+3,3	+0,3	0,0		+0,6	+2,3 (-0,3)	+3,0 (0,0)	+3,7 (-0,3)	+2,0 (-0,3)	+4,3 (-0,7)
dwigsbaude	--	--	--	--	--	--	--		+1,7	+2,3	+3,3	+1,3	+4,0
hreiberhau	+2,3	+5,7	+4,0	+5,3	+2,2	+2,6	+2,6	--		+0,6 (-0,4)	+1,5 (+0,5)	+0,2 (+0,2)	+2,3 (-0,3)
insberg	+3,6	+7,0	+5,0	+6,3	+3,0	+3,0	+3,0	--	+1,0		+0,6 (-0,4)	-1,0 (-0,4)	+1,7 (-0,6)
ichenberg	+4,3	+8,0	+5,3	+7,0	+4,3	+4,0	+4,0	--	+1,0	+1,0		-2,0 (-0,7)	+0,3 (-0,7)
abishau	+3,0	+6,6	+4,7	+5,6	+2,7	+2,6	+2,3	--	+0,0	-0,6	-1,3		+2,3 (0,0)
rlitz	+5,3	+9,0	+6,7	+8,0	+5,3	+5,0	+5,0	--	+2,6	+2,3	+1,0	+2,3	
Forsthaus 885 m	+0,6	+3,0	+0,6	+2,3	-1,0	-1,0	-1,0	--	-3,5	--	-4,3	-3,3	-5,3

Tabelle 4 Phänologische Übersicht

	Höhe m	Tagesabstand vom letzten mehrtägigen Frost	Mittleres tägliches Temperatur-Maximum vom letzten mehrtägigen Frost bis zum mittl. Vegetationsbeginn	Minimum
Flinsberger Hang	1111	10	11,5	4,0
An der Hütte	1111	3	13,1	3,0
Groß Iser	840	4	14,4	3,9
An der Iser	827	6	12,3	3,0
Klein Iser	863	7	14,5	3,5
Neuwiese	780	9	17,0	3,9
Rabishau	405	12	12,1 (?)	3,8
Reichenberg	410	4 (11)	16,6	3,7

Tabelle 5

Fundort	Hütte		Flinsbg.Hg.		Schneeloch
Höhe in Metern	1080		1080		1090
Exposition	SSO		N		NO
Neigung	8°	10°	6°	6°	4°
Größe d. Siedlungen (m^2)	320	300	80	100	200
Bestandesschluß	6-7	7,5	7,5	7,5	3
Bestandesalter	120 - 150		120 - 140		135
Stammdichte/m^2	0,12	0,14	0,20	0,22	-
Prozent der Gesamtfläche	-	-	20	58	-
Vorherrschende Pflanze	Calama grostis	Aira	Calama grostis	Aira	Athyr. Lücke
Nummer	1	2	3	4	5
Bäume:					
Picea excelsa	4;1	5;1	4;1	4;1	3;1
Fagus silv.	-	-	-	-	-
Acer pseudopl.	-	-	-	-	-
Sorbus aucup.	-	!	3;1	3;1	-
Abies alba	-	-	-	-	-
Pinus silv.	-	-	-	-	-
Sträucher:					
Rubus idaeus	-	-	-	-	!
Sambucus racemos.	-	-	-	-	-
Lonicera nigra	-	-	-	-	-
Halbsträucher:					
Picea excelsa	!;1	+;1	+;1	+;1	+;1
Fagus silv.	-	-	-	-	-
Sorbus aucup.	!	+;1	+;1	+;1	-
Betula verrucosa	-	-	-	-	-
Vaccinium myrt.	+;2	+;1	+;2	1;2	!
Vaccinium vitis id.	+;1	+;1	-	-	-
Kräuter, Gräser:					
Aira flexuosa	3;3	4;5	3;3	3;5	+;2
Calamagrostis vil.	4;2	1;1	2;2	+;1	-
Galium saxatile	1;2	+;1	1;1	1;1	+;2

Kreuzung			Hochstein			Schwarzer Berg	Blaubeer-wald, Iser		Moorwald	
960			960			990	855		960	
SSW			NNO			SSO	W		S	
5°	5°	5°	12°	11°	13°	15°	3°	3°	2°	2°
300	180	100	200	180	100	200	220	185	160	250
6,5	7	7	5	6	6,5	5	7	8	6,5	6,5
120	-	135	120	-	130	120	120	115	125	130
0,14	0,146	0,15	-	-	-	-	0,25	0,24	0,24	0,22
90	4	6	50	20	30	-	10	90	-	-
Calama grostis	Aira	Streu	Calama grostis	Aira	Myrt.	Oxalis Lücke	Aira	Myrt.	Myrt.	Aira
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
4;1	4;1	4;1	3;1	3;1	4;1	3;1	4;1	4;1	4;1	4;1
-	-	-	-	-	-	2;1	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	!	-	-	+;1	-	1;1	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	+;1	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	!	+;1	+;1	-	3;2	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	+;1	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
+;1	1;1	1;1	!	2;1	+;1	+;1	-	!	-	+;1
-	-	-	-	-	-	+;1	-	-	-	-
-	+;1	+;1	-	+;1	-	+;1	+;1	-	-	+;1
-	-	-	!	!	-	!	-	-	-	-
1;2	1;2	1;2	+;1	+;2	4;4	1;2	+;2	4;4	3;3	+;1
-	+;1	-	-	-	+;1	-	+;2	1;2	1;2	+;2
2;2	4;4	+;2	3;4	5;5	+;2	2;3	4;4	+;1	+;1	2;1
4;2	1;1	+;1	4;4	+;1	+;1	1;1	1;1	+;1	!	2;1
1;1	+;1	-	1;2	+;1	-	+;2	+;1	-	-	-

Fundort	Q u e i s				Ludwigsbaude			
Höhe in Metern	750		780		800			
Exposition	NO		NO		NO			
Neigung	10°	8°	13°	14°	2°	2°	2°	2°
Größe d.Siedlungen (m^2)	80	200	320	140	200	160	180	300
Bestandesschluß	6	6	6,5	5,5	7	7	7	8
Bestandesalter	110	110	100	110	130	120	110	120
Stammdichte/m^2	0,24	0,26	0,26	0,20	0,28	0,30	0,30	0,32
Prozent d. Gesamtfläche	5	25	60	-	35	10	5	50
Vorherrschende Pflanze	Calam.	Aira	Myrt.	- Lücke	Aira	Oxa-lis	Nephr. dryopt.	Streu
Nummer	17	18	19	20	21	22	23	24
Bäume:								
Picea excelsa	4;1	4;1	4;1	4;1	4;1	4;1	4;1	4;1
Fagus silv.	-	+;1	-	+;1	+;1	+;1	+;1	!
Acer pseudopl.	-	-	-	-	+;1	-	-	-
Sorbus aucup.	-	-	-	-	!	!	-	-
Abies alba	-	!	-	!	-	!	-	-
Pinus silv.	-	-	-	-	-	-	-	-
Sträucher:								
Rubus idaeus	!	+;1	!	1;1	+;1	+;1	+;1	+;1
Sambucus racemos.	-	+;1	-	+;1	+;1	+;1	-	-
Lonicera nigra	-	-	-	-	-	-	-	-
Halbsträucher:								
Picea excelsa	+;1	+;1	+;1	+;1	+;1	1;1	1;1	+;1
Fagus silv.	-	-	-	!	-	+;1	-	+;1
Sorbus aucup.	-	+;1	!	+;1	+;1	+;1	+;1	!
Betula verrucosa	-	+;1	+;1	+;1	+;1	+;1	-	+;1
Vaccinium myrt.	1;1	1;2	4;4	1;2	1;2	+;2	+;2	1;2
Vaccinium vitis id.	-	-	+;1	-	-	-	-	!
Kräuter, Gräser:								
Aira flexuosa	1;2	4;4	+;2	+;2	3;4	+;1	-	1;2
Calamagrostis vil.	5;5	+;1	+;1	1;2	-	1;2	-	+;1
Galium saxatile	+;1	+;2	+;2	1;2	2;2	2;2	-	+;2

An der Waldbaude				Sandberg		Rabishau			
700				760		455			
ONO				O		SW			
4°	5°	5°	6°	10°	4°	2°	2°	2°	2°
100	160	150	180	300	200	350	80	300	300
7	8	4	8	8,5	8,5	8,5	8,5	7	6
140	130	130	120	120	110	90	90	100	85
0,28	0,28	0,20	0,30	0,24	0,27	0,57	0,54	0,54	0,40
10	30	10	50	-	-	-	-	-	-
Calam.	Aira	Rubus Lücke	Myrt.	Oxalis 55% Bu 45% Fi	Myrt. 2% Bu 98% Fi	Aira 90% Fi 8% Ki 2% La	Calam.	Rubus 20% Fi 70% Ki 10% Ta	Myrt. wie 31
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
4;1	4;1	4;1	4;1	2;1	4;1	4;1	4;1	2;1	4;1
-	-	!	-	3;1	+;1	-	-	-	-
-	-	!	-	!	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
+;1	!	+;1	!	!	-	-	-	-	-
-	-	-	!	-	-	1;1	1;1	3;1	1;1
				Larix sudet.		+;1	+;1	1;1	+;1
+;1	+;1	4;3	-	+;1	-	+;1	+;1	4;3	-
-	-	+;1	-	!	-	!	-	+;1	-
-	-	-	-	-	-	-	-	+;1	-
+;1	+;1	+;1	!;1	+;1	+;1	+;1	-	+;1	+;1
-	-	-	-	1;1	+;1	!	-	!	-
-	+;1	+;1	-	+;1	-	+;1	-	+;1	-
-	!	+;1	-	-	-	!	-	+;1	-
+;2	+;2	+;2	4;4	!	4;4	1;2	+;2	+;2	4;4
-	-	-	+;1	-	!	-	-	-	-
+;2	4;4	+;2	+;2	+;2	2;2	5;5	2;2	2;2	2;2
4;4	+;1	+;2	+;!	+;2	-	-	5;5	+;1	-
+;1	1;2	+;2	-	+;2	-	+;1	-	+;2	-

	1	2	3	4	5
Oxalis acetosella	2;2	+;2	2;2	1;2	3;3
Dryopteris (Aspid.) spin.	1;1	+;1	2;1	1;1	+;1
Athyrium alpestre	+;1	+;1	1;1	+;1	5;2
Athyrium Felix femin.	+;1	-	-	!	+;1
Dryopteris Filix mas.	+;1	+;1	-	-	-
Phegopteris vulgaris	-	-	-	!	-
Phegopteris dryopteris	-	-	-	-	-
Luzula pilosa	+;1	+;2	+;2	+;2	+;2
Luzula silvatica	+;1	-	+;2	+;2	+;1
Trientalis europaea	+;1	+;1	1;1	+;1	-
Majanthemum bifol.	+;1	+;1	1;1	1;1	-
Homogyne alpina	+;1	+;1	+;1	+;1	+;1
Lactuca muralis	-	-	-	-	-
Prenanthes purpurea	-	-	-	-	-
Chamaenerium ang.	+;1	-	-	+;1	+;1
Polygonatum verticill.	+;1	-	-	-	-
Veratrum alb. Lobelian.	!	-	-	+;1	-
Carex stellulata	+;2	+;2	+;2	+;2	-
Poa sudetica	-	-	-	-	-
Cystopteris fragilis	-	-	+;1	-	-
Carex remota	-	-	-	-	-
Streptopus amplex.	!;1	-	-	-	-
Circaea alp.	-	-	-	-	-
Hieracium silv.	-	-	-	-	-
Senecio nemorensis) Senecio Fuchsii)	-	-	-	-	-
Rumex arifolius	+;1	+;1	-	+;1	-
Aira caespitosa	-	-	-	-	-
Petasites albus	-	-	-	-	-
Pteridium aquilin.	-	-	-	-	-
Urtica dioica	-	-	-	-	-
Carex Goodenouphii	-	+;2	-	+;2	-
Lycopodium annot.	!	!	-	-	-
Stellaria nemorum	-	-	-	-	-
Juncus effusus	-	-	-	-	-
Chrysosplenium opp.	-	-	-	-	-
Mulgedium alpin.	-	-	-	-	-
Lamium galeobd.	-	-	-	-	-

6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1;2	1;1	+;2	+;2	+;2	-	3;2	-	-	-	-
+;1	1;1	+;1	+;1	+;1	+;1	+;1	-	-	+;1	+;1
1;1	+;1	-	+;1	!	-	+;1	-	-	-	-
+;1	+;1	-	+;1	+;1	-	+;1	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	+;1	-	-	-	-
+;1	-	-	-	+;1	-	+;1	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1;2	+;1	-	+;2	+;2	-	+;1	+;2	-	-	+;1
+;1	+;1	-	+;2	+;1	-	+;1	-	-	-	-
1;1	+;1	1;1	+;1	+;1	+;1	-	+;1	-	+;1	+;1
1;1	+;1	+;1	+;1	+;2	-	+;1	-	-	-	!
1;1	+;1	-	!	+;1	-	+;1	-	-	-	+;1
-	-	-	+;1	+;1	-	+;1	-	-	-	-
-	-	-	+;1	-	-	+;1	-	-	-	-
-	-	-	+;1	+;1	-	+;1	-	-	-	-
-	-	-	+;1	-	-	+;1	-	-	-	-
+;1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
+;2	+;2	-	-	+;1	-	-	-	+;2	+;2	+;2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	+;1	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	+;1	-	+;1	-	-	-	-
-	-	-	+;1	-	-	+;1	-	-	-	-
-	-	-	-	+;1	-	+;1	-	-	-	-
!	-	-	-	-	-	+;1	-	-	-	-
-	+;1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	+;2	-	-	-	-
-	-	-	+;2	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	+;1	-	+;1	-	-	-	-
-	+;1	-	-	+;1	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	+;1	-	-	-	-	+;1	-
-	-	-	+;1	-	-	1;2	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	+ 2	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	17	18	19	20	21	22	23	24
Oxalis acetosella	+;1	1;2	-	2;2	1;2	4;4	1;2	2;2
Dryopteris (Asp.) sp.	+;1	+;1	+;1	1;1	1;1	+;1	-	1;1
Athyrium alpestre	-	+;1	-	+;1	-	+;1	-	+;1
Athyrium Felix femin.	+;1	+;1	-	1;1	+;1	+;1	+;1	+;1
Dryopteris Filix mas	-	-	-	-	-	-	-	-
Phegopteris vulgaris	-	+;1	-	1;2	-	+;1	+;1	-
Phegopteris dryopter.	-	-	-	3;3	-	-	4;4	-
Luzula pilosa	-	+;1	-	+;1	+;2	-	-	-
Luzula silvatica	-	-	-	+;2	-	-	-	-
Trientalis europaea	+;1	+;1	-	+;1	+;1	+;1	-	+;1
Majanthemum bifol.	-	+;1	-	1;1	1;1	+;1	1;1	1;1
Homogyne alpina	+;1	+;1	-	+;1	+;1	-	-	+;1
Lactuca muralis	-	!	-	1;1	-	+;1	-	-
Prenanthes purpurea	!	-	-	1;1	-	+;1	-	+;1
Chamaenerium ang.	1;1	1;1	-	1;1	-	-	-	-
Polygonatum verticill.	-	-	-	1;1	-	1;1	1;1	1;1
Veratrum alb. Lobel.	-	-	-	-	-	-	-	-
Carex stellulata	-	+;2	+;2	1;2	-	-	-	+;1
Poa sudetica	-	+;2	-	-	-	-	-	-
Cystopteris fragil.	-	-	-	+;1	-	-	-	-
Carex remota	-	+;2	-	-	-	-	-	-
Streptopus ampl.	-	-	-	+;1	+;1	-	-	+;1
Circaea alp.	-	-	-	1;2	-	+;1	-	-
Hieracium silv.	-	+;1	-	+;1	-	+;1	-	-
Senecio nemorensis) Senecio Fuchsii)	-	+;1	-	-	+;1	-	-	+;1
Rumex arifolius	-	+;1	-	+;1	+;1	+;1	-	-
Aira caespitosa	-	+;2	-	+;2	-	-	-	-
Petasites albus	-	-	-	1;2	-	-	-	-
Pteridium aquilin.	-	-	-	-	-	-	-	-
Urtica dioica	-	-	-	1;2	-	-	+;1	-
Carex Goodenouphii	-	+;1	-	+;2	-	-	-	-
Lycopodium annot.	-	+;2	+;2	+;1	-	-	-	!
Stellaria nemorum	-	-	-	1;2	-	-	-	-
Juncus effusus	-	-	-	1;2	-	-	-	-
Chrysosplenium opp.	-	-	-	1;2	-	-	!	-
Mulgedium alpin.	-	-	-	+;1	-	-	-	-
Lamium galeobd.	-	-	-	+;1	-	-	-	-

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
1;2	3;3	4;4	-	3;3	1;2	1;2	-	2;2	-
+;1	+;1	+;2	+;1	+;1	+;1	+;2	+;1	1;2	-
+;1	-	+;1	-	+;1	-	-	-	-	-
+;1	+;1	+;1	-	+;1	+;1	+;2	+;1	1;2	-
-	-	-	-	-	-	+;1	-	+;1	-
-	!	+;1	-	+;2	-	-	-	-	-
-	-	+;1	-	1;2	-	-	-	-	-
+;2	+;2	+;2	-	+;2	-	+;2	+;2	+;2	-
+;2	+;1	-	-	-	+;1	+;2	+;2	+;2	-
+;1	-	-	-	+;1	-	+;2	+;1	-	+;1
+;1	+;1	-	-	+;1	+;1	+;2	+;1	+;1	-
+;1	+;1	+;1	-	-	-	-	-	+;1	-
+;1	-	+;1	+;1	+;1	-	!	!	+;1	-
-	+;1	+;1	-	+;1	-	+;1	+;1	+;1	-
+;1	-	+;1	-	+;1	-	+;1	-	+;1	-
-	+;1	-	-	+;1	-	+;1	-	+;1	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
+;2	-	-	-	+;2	-	-	-	+;1	-
-	-	-	-	+;2	-	+;1	+;1	+;1	+;1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	+;2	-
-	+;1	+;1	-	-	-	-	-	-	-
-	+;1	-	-	-	-	-	-	-	-
+;1	+;1	+;1	-	-	-	+;1	-	+;1	-
-	+;1	+;1	-	+;1	-	+;1	+;1	1;1	-
-	+;1	-	-	-	-	+;1	-	-	-
-	+;2	+;2	-	-	-	+;1	-	+;2	-
-	-	+;2	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	+;1	+;1	+;1	-
-	-	+;1	-	+;1	-	-	-	+;1	-
-	+;1	-	-	+;2	-	-	-	+;2	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	+;2	-	+;2	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	+;2	-	-	-	-	-	-	-
-	-	+;1	-	-	-	-	-	-	-
-	-	+;1	-	-	-	-	-	+;1	-

	1	2	3	4	5
Equisetum silv.	-	-	-	-	-
Impatiens n. tang.	-	-	-	-	-
Veronica officin.	-	-	-	-	-
Salix silesiaca	-	-	!	-	+;1
Dryopteris oreopt.	-	-	-	-	-
Cardamine hirsut.	-	-	-	-	-
Viola silvatica	-	-	-	-	-
Lysimachia nemor	-	-	-	-	-
Hypericum perfor.	-	-	-	-	-
Blechnum spic.	+;1	-	-	-	-
Streu	1,	2	1	2	4
Melandrium rub.	-	-	-	-	-
Chamaenerium mont.	-	-	-	-	-
Moose:					
Mnium affine	-	-	-	-	+;2
Mnium undulat.	-	-	-	-	+;2
Eurhynchium striat.	-	-	-	-	-
Catharinea undul.	-	-	-	-	-
Plagiochila asplenioid.	+;2	-	+;1	-	+;2
Thuidium tamarisc.	-	-	-	-	-
Hylocomium splend.	+;2	-	-	-	-
Hylocomium Schreberi	+;2	+;2	-	+;2	+;2
Hylocomium triquetr.	+;2	-	-	-	+;2
Hylocomium loreum	-	+;2	-	+;2	-
Hypnum crista castrens.	-	-	-	+;2	-
Polytrichum formos.	+;2	+;2	+;2	-	-
Polytrichum commune	+;2	+;3	1;2	3;2	+;2
Dicranum scoparium	+;2	1;2	2;2	2;2	-
Dicranella heteromal.	+;2	-	+;2	-	-
Mastigobryum trilob.	+;2	+;2	+;2	-	-
Sphagnum acutifol.	+;2	+;2	1;2	1;2	-
Sphagnum cymbifol.	+;2	+;2	-	+;2	-
Plagiothecium undul.	+;2	2;2	1;2	1;2	+;2
Lophocolea bidentata	+;2	+;2	-	+;2	-
Lophozia inflata	+;2	+;2	-	+;2	-
Gymnocolea inflata	+;2	+;1	-	+;2	-
Lophozia barbata	+;2	+;1	-	+;2	-

6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
–	–	–	–	–	–	+;1	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	+;1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	+;1	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	+;1	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	+;1	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1;1	+;1	–	–	–	+;1	–	1;2	+;1	–	+;1
1	2	4	1	2	3	2	2	3	3	3
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	1;2	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
+;2	–	–	–	+;2	–	+;2	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	+;2	–	–	–	–
–	+;2	–	–	+;2	–	+;2	–	+;2	+;2	+;2
+;2	–	–	+;2	–	–	+;2	–	–	–	–
+;2	+;2	–	+;2	–	–	+;2	+;2	+;2	+;2	+;2
–	–	–	–	–	–	–	–	+;2	–	+;2
+;2	+;2	–	+;2	–	–	+;2	1;2	+;2	+;2	+;2
2;2	1;2	2;3	+;2	+;2	+;2	–	+;2	+;2	+;2	+;2
1;2	2;2	3;3	–	+;2	1;2	2;3	+;2	4;4	4;4	3;3
+;2	–	+;2	–	+;2	+;2	–	+;2	+;2	–	–
+;2	–	–	–	–	–	+;2	+;2	+;2	2;2	1;2
+;2	–	–	+;2	+;2	+;2	–	+;2	+;2	1;2	1;2
+;2	–	–	–	–	–	–	2;2	1;2	1;2	1;2
1;2	+;2	–	2;2	+;2	1;2	+;2	+;2	+;2	+;2	1;2
–	+;2	–	–	+;2	–	–	–	–	–	–
–	+;2	–	–	–	–	+;2	–	+;2	–	–
–	–	1;2	–	+;2	+;2	–	–	+;2	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

	17	18	19	20	21	22	23	24
Equisetum silv.	-	-	-	-	-	-	-	-
Impatiens n. tang.	-	-	-	1;1	-	-	-	-
Veronica officin.	-	-	-	1;2	-	-	-	-
Salix silesiaca	-	+;1	-	+;1	-	-	-	-
Dryopteris oreopt.	-	-	-	-	-	-	-	-
Cardamine hirsut.	-	-	-	1;1	-	-	-	-
Viola silvatica	-	-	-	!	-	-	-	-
Lysimachia nemor	-	-	-	1;2	-	-	-	-
Hypericum perfor.	-	-	-	-	-	-	-	-
Blechnum spic.	-	+;1	+;1	-	+;1	+;1	-	+;1
Streu	1	2	3	1	2	3	1	4
Melandrium rub.	-	-	-	+;1	-	-	-	-
Chamaenerium mont.	+;1	+;1	-	!	-	-	-	-
Moose:								
Mnium affine	-	-	-	2;2	-	-	-	-
Mnium undulat.	+;2	+;2	-	1;2	-	+;1	-	-
Eurhynchium striat.	-	-	-	-	-	-	-	-
Catharinea undul.	-	-	-	-	-	-	-	-
Plagiochila asplenioid.	-	+;1	-	+;2	-	+;2	+;2	-
Thuidium tamarisc.	-	-	-	-	-	-	-	-
Hylocomium splend.	-	-	-	+;2	-	-	-	-
Hylocomium Schreb.	+;2	+;2	1;2	+;2	+;2	+;2	-	+;2
Hylocomium triquet.	-	-	-	+;2	-	-	-	-
Hylocomium loreum	+;2	2;2	1;2	+;2	+;2	+;2	-	+;2
Hypnum crista cast.	-	-	-	-	-	-	-	-
Polytrichum formos.	1;1	1;2	2;2	1;2	+;2	1;2	-	1;2
Polytrichum commune	+;2	+;2	-	-	+;2	-	-	-
Dicranum scoparium	1;2	1;2	3;2	1;2	1;2	+;2	-	1;2
Dicranella heteromal.	-	+;2	+;2	-	+;2	-	-	+;2
Mastigobryum trilob.	-	-	+;2	-	+;2	-	-	-
Sphagnum acutifol.	-	-	-	-	-	-	-	-
Sphagnum cymbifol.	-	-	-	+;2	-	-	-	-
Plagiothecium undul.	-	-	-	-	-	-	-	-
Lophocolea bidentata	-	+;2	-	-	+;2	-	-	+;2
Lophozia inflata	-	+;2	1;2	-	+;2	-	-	-
Gymnocolea inflata	-	-	+;2	-	-	-	-	-
Lophozia barbata	-	-	-	-	-	-	-	-

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
-	-	+;1	-	-	-	-	-	-	-
-	-	!	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	+;1	-
-	-	+;1	-	-	-	-	-	!	-
-	-	-	-	-	-	-	-	+;1	-
+;1	+;1	+;1	-	+;1	-	-	-	-	-
1	2	2	3	3	1	2	1	3	1
-	-	+;1	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
+;2	-	+;2	-	+;2	-	-	-	-	-
-	-	-	-	1;2	-	-	-	+;2	-
-	-	-	-	1;2	-	-	-	-	-
-	-	-	-	1;2	-	-	-	-	-
-	-	+;2	-	+;2	-	-	-	+;2	-
-	-	+;2	-	-	-	-	-	+;2	-
-	-	-	1;2	+;2	-	-	-	-	+;2
-	+;2	-	1;2	+;2	+;2	-	-	+;2	+;2
+;2	-	-	-	+;2	-	-	-	-	-
+;2	+;2	+;2	+;2	+;2	+;2	-	-	+;2	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
+;2	+;2	-	+;2	+;2	+;2	-	-	+;2	+;2
2;2	+;2	+;2	3;3	+;2	+;2	+;2	-	+;2	+;2
+;2	+;2	+;2	2;2	+;2	+;2	+;2	-	+;2	+;2
-	+;2	-	+;2	-	-	+;2	-	-	+;2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1;2	+;2	-	1;2	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1;2	+;2	-	1;2	+;2	-	-	-	-	-
-	+;2	+;2	-	-	-	-	-	-	-
+;2	-	+;2	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	1	2	3	4	5
Lepidozia reptans	+;2	+;2	-	-	-
Ptilidium ciliare	-	+;2	-	+;2	-
Polytrichum juniper.	-	-	-	-	-
Webera nutans	+;2	-	-	+;2	-
Funaria hygrometr.	+;2	-	+;2	+;2	-
Ceratodon purpur	-	-	-	+;2	-
Hypnum cupressiforme	-	-	-	-	-
Plagiothecium curvifol	+;2	-	-	-	-
Plagiothecium dentic.	+;2	+;2	-	+;2	-
Plagiothecium silv.	-	-	-	-	-
Cephalozia bicusp.	-	+;2	-	+;2	-
Sphagnum squarros.	-	-	-	-	-
Tetraphis pelluc.	+;2	-	-	+;2	-
Lophozia lycopodi.	+;2	+;2	-	+;2	-
Brachytaecium reflex.	+;2	-	-	+;2	-
Frullania dilatata	+;2	+;2	+;2	+;2	-
Ptilidium pulcher.	+;2	+;2	+;2	+;2	-
Plagiothecium succul.	-	-	-	-	-
Hylocomium squarr.	+;2	-	-	+;2	-
Drepanocladus uncina.	-	-	-	-	-
Heterocladium heteropt.	-	-	-	+;2	-
Leucobryum glauc.	-	-	-	-	-
Calypogaia trichom.	-	-		+;2	-

6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
+;2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	+;2	-	-	+;2	-	+;2	-	+;2	-	-
+;2	-	-	-	-	-	-	1;2	-	-	-
-	+;2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
+;2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	+;2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	+;2	-	-	-	-	-	-	-	-
+;2	-	-	+;2	-	-	-	-	-	-	-
+;2	+;2	-	-	+;2	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	+;2	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
+;2	+;2	-	-	-	+;2	-	-	+;2	-	+;2
-	-	+;2	-	+;2	-	-	-	-	-	-
+;2	-	-	-	+;2	-	-	+;2	-	-	-
-	+;2	-	-	-	-	-	+;2	+;2	-	-
-	-	-	-	-	-	+;2	-	-	-	-
+;2	-	-	-	+;2	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	+;2	+;2	+;2	-

	17	18	19	20	21	22	23	24
Lepidozia reptans	-	-	-	-	-	-	-	-
Ptilidium ciliare	-	1;2	1;2	+;2	-	-	-	-
Polytrichum juniper.	-	-	-	-	-	-	-	-
Webera nutans	-	+;2	-	-	-	-	-	-
Funaria hygrometr.	-	-	-	-	-	-	-	-
Ceratodon purpur	-	+;2	-	-	-	-	-	-
Hypnum cupressiforme	-	-	+;2	-	-	-	-	+;2
Plagiothecium curvif.	-	-	-	+;2	-	-	-	-
Plagiothecium dentic.	-	+;2	+;2	+;2	+;2	-	-	-
Plagiothecium silv.	-	-	-	+;2	-	-	-	-
Cephalozia bicusp.	-	-	-	-	-	-	-	-
Sphagnum squarros.	-	-	-	+;2	-	-	-	-
Tetraphis pelluc.	-	-	-	-	-	-	-	-
Lophozia lycopodi.	-	-	-	-	-	-	-	-
Brachytaecium refl.	-	+;2	-	+;2	-	-	-	-
Frullania dilatata	-	-	-	-	-	-	-	-
Ptilidium pulcher.	-	-	-	-	-	-	-	-
Plagiothecium succul.	-	-	-	+;2	-	-	-	-
Hylocomium squarr.	-	+;2	-	+;2	-	-	-	-
Drepanocladus unc.	-	-	-	-	-	-	-	-
Heterocladium het.	-	-	-	-	-	-	-	-
Leucobryum glauc.	-	-	+;2	-	-	-	-	-
Calypogaia trichom.	-	-	-	-	-	-	-	-

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
-	-	-	-	+;2	-	-	-	-	-
-	+;2	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	+;2	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	+;2	+;2	-	-	-	+;2
-	-	-	-	+;2	-	-	-	-	+;2
-	+;2	+;2	-	+;2	-	-	-	+;2	+;2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	+;2	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
+;2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	+;2	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	+;2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 6

Fundort	Buchberg - Buche		Buchberg - Fichte			
Höhe in Metern	975		960			
Exposition	SO		S			
Neigung	28°	20°	12°	10°	8°	9°
Größe der Siedlungen	200	500	100	400	500	500
Bestandesschluß	8	7	8	8	6	7
Bestandesalter	85	90	120	100	120	120
Vorherrschende Pflanze	Mercuri-alis	stauden-reich	Peta-sites	Oxa-lis	Rubus	idaeus
Bemerkungen						
Nummer	1	2	3	4	5	6
Bäume:						
Fagus silvatica	4;1	4;1	+;1	+;1	+;1	+;1
Acer pseudoplatanus	+;1	+;1	-	-	!	!
Picea excelsa	-	+;1	4;1	4;1	4;1	4;1
Sorbus aucuparia	-	!	-	-	!	+;1
Ulmus scabra	!	-	-	-	-	-
Pinus silv.	-	-	-	-	-	-
Sträucher:						
Fagus silv.	!	+;1	-	-	+;1	!
Picea excelsa	-	+;1	+;1	+;1	+;1	+;1
Sorbus aucuparia	-	+;1	-	-	+;1	+;1
Acer pseudoplat.	!	+;1	-	-	-	-
Lonicera nigra	-	-	-	-	+;1	+;1
Sambucus racem.	!	!	!	-	+;1	+;1
Halbsträucher:						
Fagus silv.	+;1	+;1	-	-	+;1	-
Acer pseudoplat.	+;1	+;1	-	-	+;1	-
Vaccinium myrt.	!	+;2	+;2	+;2	1;1	+;2
Kräuter, Gräser:						
Oxalis acetos.	+;1	+;1	+;2	3;3	1;2	1;2
Asperula odor.	+;1	+;1	-	-	-	+;1
Mercurialis per.	3;2	!	-	-	!	!
Athyrium alp.	+;1	+;1	+;1	-	+;1	+;1
Athyrium Filix fem.	+;1	+;1	+;1	-	+;1	+;2

Buchberg Fichte		Buchberg - Fichte				Hemmrich	
960		955 - 970					
SW		NO					
12°	15°	10°	12°	18°	7°	5°	18°
80	100	800	200	180	80	300	200
8	8	7	8	8	7	6	7
90	90	130	100	100	100	130	100
Aspi-dium	Peta-sites	Calamagr.	Moose trocken	Peta-sites	feucht	Asperula	Myrtillus
7	8	9	10	11	12	13	14
–	–	+;1	–	+;1	+;1	4;1	2;1
–	–	+;1	–	+;1	+;1	1;1	+;1
4;1	4;1	4;1	5;1	4;1	4;1	+;1	1;1
+;1	–	+;1	+;1	+;1	+;1	–	–
–	–	–	–	–	–	!	–
–	–	–	–	–	–	–	1;1
–	–	!	–	–	–	!	–
–	–	+;1	–	+;1	+;1	!	+;1
!	–	+;1	–	+;1	+;1	–	–
–	–	–	–	+;1	–	!	–
–	+;1	+;1	!	+;1	+;1	+;1	–
!	–	+;1	–	+;1	+;1	–	–
–	–	+;1	–	+;1	+;1	+;1	–
–	–	–	–	+;1	–	+;1	–
+;1	+;1	1;2	4;4	+;1	–	–	4;4
1;2	2;2	1;2	2;2	2;2	2;2	+;2	!
–	–	–	–	+;1	–	+;2	–
+;2	–	–	+;1	+;2	1;2	!	–
+;1	–	1;1	+;1	1;1	+;1	–	–
+;1	+;1	1;1	1;1	1;1	+;1	+;1	–

	1	2	3	4	5	6
Dryopteris Filix mas.	1;2	+;1	+;1	+;1	!	+;1
Phegopteris vulg.	-	+;1	+;1	-	-	+;1
Phegopteris dryopteris	+;2	+;1	+;1	+;1		+;2
Dryopteris spinulos.	!	+;1	+;1	+;1	+;1	+;1
Actea spicata	1;1	+;1	+;1	+;1	+;1	+;1
Dentaria bulbif.	+;1	+;1	-	-	-	-
Scrophularia nud.	+;1	-	+;1	-	+;1	+;1
Lamium galeobdol.	+;1	+;1	-	-	-	+;1
Daphne mezereum	+;1	+;1	-	-	+;1	+;1
Lilium martagon	!	-	-	-	-	-
Melica nutans	+;2	-	-	-	-	-
Festuca silvatica	+;2	-	+;1	-	+;2	+;2
Milium effus.	+;2	+;2	-	-	-	-
Bromus ramosus	-	+;2	-	-	-	-
Anemone nemoros.	+;1	+;1	-	+;1	+;1	+;1
Anemone ranuncul.	+;1	+;1	-	-	+;1	-
Glyceria fluitans	-	+;2	-	-	-	-
Paris quadrifolia	+;1	!	-	-	+;1	+;1
Gentiana asclepiad.	!	-	-	-	+;2	!
Senecio nemor Fuchsii	+;1	2;1	+;1	+;1	2;1	+;1
Ranunculus aconitif.	+;1	+;1	+;1	-	+;1	+;1
Stellaria nemor	+;1	+;1	-	-	+;1	-
Moehringia trinerv.	-	+;1	-	-	-	-
Geranium silv.	+;1	-	-	-	+;1	+;1
Mulgediun alpin.	-	+;1	-	-	+;1	-
Prenanthes purpur.	+;1	-	+;1	-	-	-
Lactuca mur.	+;1	+;1	+;1	+;1	+;1	+;1
Chamaenerium angustif.	-	-	+;1	-	-	+;1
Chamaenerium montan.	+;1	-	+;1	-	+;1	+;1
Petasites albus	-	2;2	4;3	+;1	2;2	2;2
Chaerophyllum cicut.	+;1	+;1	-	-	-	-
Polygonatum verticill.	+;1	+;1	+;1	+;1	+;-	+;2
Veronica officin.	-	+;2	-	-	+;2	+;2
Veronica montana	+;1	+;2	+;1	+;2	+;2	+;2
Stachys silv.	-	+;1	-	-	-	-
Circaea alpina	+;1	-	1;2	-	+;1	+;1
Circaea lutetiana	-	-	-	-	-	-
Melandrium rubr.	+;1	-	+;1	+;1	1;1	1;1
Galium saxatile	-	-	-	+;2	+;2	+;2

7	8	9	10	11	12	13	14
+;1	+;1	2;2	1;2	2;2	+;1	+;1	-
-	-	-	-	+;1	+;1	+;1	-
+;2	+;1	2;2	2;2	1;2	-	+;2	-
3;2	+;1	1;1	1;1	1;1	+;1	+;1	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
+;1	+;2	-	-	-	-	-	-
-	+;1	+;1	-	+;1	+;1	+;1	-
+;1	+;1	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	2;2	-	-	-	+;2	-
-	-	1;2	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	1;1	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	+;1	+;1	1;1	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	+;1	1;1	1;1	1;1	1;1	-	-
-	+;1	-	-	+;1	+;1	-	-
-	-	-	-	-	-	+;1	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	+;1	-	+;1	-	-	-
-	-	1;1	1;1	+;1	+;1	-	-
-	+;1	+;1	+;1	+;1	+;1	+;1	-
-	-	+;1	+;1	+;1	-	+;1	-
-	+;1	-	-	-	-	-	-
-	-	+;1	+;1	1;1	-	-	-
-	2;2	+;1	+;1	5;5	+;1	-	-
-	-	2;3	+;1	1;1	4;4	-	-
-	-	1;1	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	+;2	-
-	+;1	1;1	+;1	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
+;1	-	-	-	1;2	1;2	-	-
-	-	-	-	-	-	+;1	-
+;1	+;1	1;2	-	-	+;1	+;1	-
-	-	1;2	-	+;2	+;2	+;2	-

	1	2	3	4	5	6
Anthriscus nitidus	-	-	-	-	+;1	+;1
Heracleum sphondyl.	-	+;1	-	-	-	+;1
Aegopodium podagr.	-	-	-	-	+;1	+;1
Thalictrum aquilegif.	-	-	-	-	-	+;1
Phyteuma spic.	-	+;1	-	-	+;1	+;1
Pulmonaria officin.	-	+;1	+;1	-	+;1	+;1
Carex silvatica	-	+;1	+;1	-	-	-
Lamium maculat.	+;2	+;1	-	-	+;1	-
Sanicula europaea	-	-	-	+;1	+;1	+;1
Primula elatior	-	-	+;1	+;1	+;1	+;1
Viola silvatica	-	+;1	-	-	+;1	+;1
Viola Riviniana	+;1	+;1	-	-	-	-
Galeopsis tetrahit	-	+;1	-	-	+;1	+;1
Impatiens noli tang.	-	+;1	-	-	-	-
Digitalis ambigua	+;2	-	-	-	+;2	-
Lysimachia nemor	+;2	3;2	-	+;2	+;1	+;1
Myosotis silv.	+;1	+;1	+;1	+;1	+;1	-
Fragaria vesca	+;1	+;1	+;1	-	+;1	+;1
Hieracium muror.	-	+;1	+;1	+;1	+;1	+;1
Luzula pilosa	-	-	+;2	+;1	1;2	+;1
Luzula silvatica	-	-	+;1	-	+;1	+;1
Luzula albida (rubella)	-	-	-	-	-	-
Cirsium heterophyl.	-	-	-	+;1	+;1	+;1
Ranunculus lanuginos	+;1	+;1	-	-	-	-
Arabis Halleri	-	-	-	-	-	-
Valeriana sambucif.	-	+;1	-	-	-	-
Cardamine hirsuta	-	-	+;1	-	-	-
Coralliorrhiza innata	-	-	-	+;1	-	-
Ajuga reptans	-	-	+;1	+;1	+;1	+;1
Alchemilla vulg.	-	-	+;1	-	+;1	+;1
Pirola minor	-	-	-	+;1	+;1	1;1
Chrysosplenium oppos.	-	-	-	+;2	+;2	-
Polystichum aculeat.	-	-	-	-	-	-
Aira flexuosa	-	+;2	+;2	+;2	-	+;2
Rubus idaeus	1;1	2;1	3;1	+;1	3;2	+;1
Urtica dioica	-	+;1	-	-	+;1	+;1
Rumex arifolius	-	-	-	-	-	+;1
Majanthemum bifol.	-	-	-	+;1	+;1	+;1

7	8	9	10	11	12	13	14
-	-	-	-	-	-	+;1	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	+;1	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	+;1	-	+;1	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	+;1	+;1	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	+;1	+;2	+;1	1;1	+;1	-	-
-	-	-	-	-	-	+;1	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	+;1	-
-	-	-	-	1;1	1;1	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	+;2	2;2	+;1	-	2;2	+;2	-
-	+;1	1;2	1;1	+;1	1;1	+;1	-
-	+;1	+;1	+;1	-	+;1	-	-
+;1	+;1	1;1	1;1	1;1	+;1	-	-
-	+;2	+;2	+;1	+;1	+;1	-	-
-	-	+;1	-	-	-	+;1	-
-	-	-	-	-	-	+;2	+;2
-	-	-	-	-	-	-	-
-	+;1	+;1	+;1	1;1	1;1	-	-
-	-	-	-	+;1	+;1	-	-
-	-	1;1	-	+;1	1;1	-	-
-	-	-	-	+;1	+;1	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
+;1	+;1	1;1	-	+;1	-	-	-
-	-	+;1	+;1	-	-	-	-
-	-	+;1	+;1	-	-	-	-
+;2	+;2	-	-	2;2	1;1	-	-
-	+;1	-	-	-	-	-	-
!	-	2;2	+;1	-	-	+;2	3;3
!	+;1	1;2	+;1	1;1	1;1	3;2	-
-	+;1	-	-	+;1	-	1;1	-
+;1	-	-	-	+;1	-	-	-
+;1	-	1;2	1;1	-	-	-	-

	1	2	3	4	5	6
Hypericum perfor.	-	-	+;1	-	+;1	+;1
Homogyne alpina	-	-	+;2	-	+;2	+;2
Streptopus amplex.	-	-	+;1	+;1	-	+;1
Calamagrostis vil.	!	+;1	+;1			+;1
Galium soxatile	-	-	+;2	+;1	+;1	+;2
Carex remota	-	+;2	-	-	-	-
Carex stellulata	-	-	+;1	+;1	+;2	+;1
Blechnum spicant.	-	-	-	-	-	-
Trientalis europaea	-	-	-	-	+;1	+;1
Melampyrum prat.	-	-	-	-	-	+;1
Ranunculus acer	-	-	-	-	-	-
Salix silesiaca	-	-	-	-	-	-
Aira caespitosa	-	-	-	-	-	+;2
Lunaria rediviva	-	+;1	-	-	+;1	+;1
Pirola uniflora	-	-	+;1	+;1	-	+;1
Mnium affine	+;2	+;2	-	+;2	+;2	+;1
Mnium horum	-	-	+;2	+;2	+;2	+;2
Mnium undulat.	-	+;2	+;2	+;2	+;2	-
Mnium subglobos.	-	-	-	-	-	-
Rhodobryum roseum	-	-	-	-	-	-
Mnium punctatum	+;2	+;2	-	-	-	+;2
Mnium spinosum	-	-	-	-	+;2	+;2
Thuidium tamarisc.	-	-	-	-	-	-
Eurhynchium striat.	-	+;2	-	-	+;2	+;2
Calypogeia trichom	-	-	+;2	-	-	-
Plagiochila asplenioid.	+;2	+;2	+;2	+;2	-	+;2

7	8	9	10	11	12	13	14
-	-	1;2	1,1	-	1;1	-	-
-	+;2	2;2	2;2	-	-	-	-
-	+;1	-	-	-	-	-	-
		4;2	+;2		+;1	+;2	1
-	+;2	1;2	1;2	-	+;2	-	-
-	-	-	-	-	-	-	+;1
-	+;1	+;2	+;1	-	-	+;2	+;2
-	-	1;2	-	+;1	-	-	+;1
+;1	+;1	1;1	+;1	-	-	-	+;1
-	-	-	-	-	-	-	+;1
-	-	+;1	1;1	1;1	-	-	-
-	-	+;1	-	-	-	-	-
-	-	+;2	-	-	-	-	+;1
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
				-	-		
+;2	+;2	2;2	+;2	+;2	+;2	+;2	-
-	-	-	+;2	-	-	+;2	-
+;2	+;2	1	+;2	+;2	+;2	+;2	
-	-	-	-	+;2	+;2	-	-
-	-	+;2	-	-	+;2	-	-
-	-	-	-	+;2	+;2	-	-
-	-	-	+;2	-	-	+;2	-
-	-	-	-	+;2	-	+;2	-
-	-	-	-	+;2	-	+;2	-
-	-	-	-	+;2	+;2	-	-
+;2	-	-	-	+;2	-	+;2	-

	1	2	3	4	5	6
Catharinea undul.	-	-	-	-	-	-
Plagiothecium succul.	-	-	-	-	+;2	-
Plagiothecium silvat.	-	+;2	+;2	-	-	-
Plagiothecium undul.	-	-	-	-	-	-
Plagiothecium dentic.	-	-	-	-	+;2	-
Plagiothecium curvif.	-	-	-	+;2	-	-
Hypnum mollusc.	+;2	-	-	-	+;2	-
Hylocomium Schreb.	-	-	+;2	-	+;2	+;2
Hylocomium loreum	-	-	-	+;2	+;2	+;2
Hylocomium splend.	-	+;2			-	+;2
Hypnum cupressifor.	-	-	-	-	-	-
Hypnum squarros.	+;2	-	-	-	+;2	-
Drepanocladus uncin.	+;2	-	-	-	+;2	-
Ptilidium pulcherr.	+;2	-	-	-	+;2	-
Hylocomium triquetr.	+;2	+;2	-	-	-	+;2
Polytrichum formos.	-	-	-	+;2	+;2	+;2
Polytrichum comm.	-	-	-	-	-	+;2
Dicranum scop.	-	-	+;2	+;2	+;2	+;2
Dicranella heterom.	-	-	-	-	+;2	+;2
Lophozia inflat.	-	-	-	-	+;2	-
Lepidozia reptans	-	-	-	-	-	-
Gymnocolea inflat.	-	-	-	-	-	-
Tetraphis pellucida	-	-	-	-	-	-
Leucobryum glauc.	-	-	-	-	-	-
Mastigobryum trilob.	-	-	-	-	-	-
Sphagnum acutifol.	-	-	-	-	+;2	-

7	8	9	10	11	12	13	14
-	-	-	-	-	-	+;2	-
-	-	-	-	+;2	-	-	-
-	+;2	+;2	-	+;2	-	+;2	-
-	-	+;2	+;2	-	-	-	-
-	-	-	+;2	+;2	-	+;2	-
-	-	+;2	+;2	-	-	+;2	+;2
-	-	-	-	+;2	+;2	-	-
-	-	1;2	1;1	1;1	-	+;2	-
-	-	1;2	1;2	-	-	-	+;2
-	+;2	-	+;2	+;2	-	+;2	+;2
-	-	+;2	+;2	-	-	-	+;2
+;2	-	+;2	-	+;2	+;2	-	-
-	-	-	+;2	-	-	-	-
-	-	-	+;2	-	-	-	-
-	-	-	+;2	+;2	-	-	-
+;2	-	+;2	+;2	1;2	-	-	1;2
+;2	-	+;2	+;2	-	-	-	1;2
2;3	+;2	1;2	2;2	1;2	-	-	+;2
-	-	-	+;2	-	-	-	+;2
-	-	+;2	+;2	-	-	-	-
-	-	-	-	+;2	+;2	-	-
-	-	+;2	+;2	-	-	-	-
-	-	-	+;2	+;2	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	+;2
-	-	+;2	-	+;2	+;2	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 7 Die Kronenformen der Fichten.
(Alle Standorte am Hohen Iserkamm)

	Höhenlage (Exposit)	Baumalter (Jahre)	Baumhöhe (m)	Ast- und Zweigsfläche (m^2)	Ast- und Zweiggewicht (kg)
Über der Hütte	1118 (S)	164	14	112,6	707,5
Jagen 78	1000 (S)	110	20,9	97,0	428,0
An der Kreuzung	920 (S)	134	22,8	36,7	199,0
Hangfuß (Gr.Is.)+	840 (SO)	144	27,8	91,7	549,5
A.d.Ludwigsbaude	780 (N)	130	28,0	42,5	178,0

+) Hier wurde einer der kräftigsten Stämme ausgewählt, um ihn mit dem der Ludwigsbaude zu vergleichen.

Tabelle 8 Luftkapazitätsgrenzen

(Die eingeklammerten Zahlen geben die Tiefe der Schichten in Zentimetern an.)	Humushorizont	Bleicherdehorizont	Einwaschhorizont	Mineralbodenhoriz. obere Schicht	Mineralbodenhoriz. untere Schicht
An der Iser unter Aira flex.	10 - 11,8 (2 - 8)	2,3 - 6,2 (8 -15)	13,5 (15-20)	11,6 (30-40)	--
Blaubeerwald unter Vacc.myrt.	8,5-15,4 (2 -10)	1,0 - 1,2 (10 -20)	1,4 - 3,2 (20-30)	0 -	2,8-3,2 (70-80)
An der Kreuzung unter Calamagr.vil.	10 - 15 (2 - 8)	2,1 - 3,2 (10 -20)	2,5 - 3,1 (20-30)	3,9-5,4 (40-50)	--
An der Hütte unter Calamagr.vil.	5,2-9,4 (2 -10)	1,6 - 1,7 (10 -20)	1,5 - 4,3 (30-40)	2,7-3,6 (40-50)	--
Flinsberger Hang unter Aira flex.	10,3-13,8 (1 - 7)	1,3 - 4,6 (10 -20)	1,0 - 2,4 (20-30)	0,5-1,9 (40-50)	--
An der Ludwigsbaude unter Aira flex.	17 - 25 (2 - 9)	3,5 -12,0 (10 -20)	--	5,6-8,1 (60-70)	--
Am Sandberg unter Oxalis	10,2-14,8 (0 - 3)	3,7 - 8,8 (5 -12)	3,0 - 9,2 (20-30)	--	1,6-2,5 (70-80)
Am Queis unter Vacc.myrt.	20,6-26,1 (1 - 8)	6,6 - 8,7 (8 -15)	2,7 - 4,9 (15-25)	1,2 (50-60)	1,2-5,3 (60-70)
In Rabishau unter Aira flex.	19,0-21,7 (2 - 7)	7,7 -13,7 (5 -15)	2,8 - 5,6 (30-40)	--	7,6-9,9 (60-70)
Am Hemmrich unter Asperula od.	18,7-22,4 (0 - 5)	2,6 - 5,6 (5 -10)	--	1,9-6,0 (40-50)	--
Buchberg-Buchenbest. unter Asperula	22,2-27 (2 - 8)	-- --	7,8 -14,2 (5 -15)	1,0-2,7 (40-50)	--
Buchberg-Fichtenbest. unter Oxalis	8,7-15,1 (1 - 7)	7,4 -10,8 (5 -15)	2,9 - 5,3 (40-50)	--	--
Moorwald unter Aira	6,1-9,3 (1 - 8)	0,4-1,2 (40 -47)	--	--	--

Tabelle 9 Bodenwasserminima

	Humus	Bleich-erde	Einwasch-horizont	Mineral-boden
Flinsberger Hang				
Minima	50,9	59,2	42	41,9
Maximaldifferenz	67	54,5	50,3	27,7
Verhältnis	132	90,5	120	66
Hütte				
Minima	78,7	62,3	52,0	52,4
Maximaldifferenz	37,2	31,4	39,7	30,7
Verhältnis	47,2	50,0	67	58,5
Kreuzung				
Minima	72,9	45,7	62,3	40,6
Maximaldifferenz	45,1	42,0	37,2	32,4
Verhältnis	62,0	92	59,5	80
Blaubeerwald				
Minima	46,4	65,7	50,5	45,0
Maximaldifferenz	72,6	32,2	37,1	20
Verhältnis	156	49	74	44,5
Moorwald				
Minima	59,4	57,2	46,0	50,7
Maximaldifferenz	76,2	67,3	81,4	7,7
Verhältnis	128	118	177	16
An der Iser				
Minima	56,3	21,8	20,0	--
Maximaldifferenz	86,1	82	75,9	--
Verhältnis	153	375	180	--
Queis				
Minima	29,2	40	60,0	62,4
Maximaldifferenz	72,7	63,7	38,9	26,7
Verhältnis	350	159	65	53,3
Ludwigsbaude				
Minima	25,8	40,0	43,6	--
Maximaldifferenz	77,8	81,9	15,7	--
Verhältnis	300	205	36	--
Sandberg				
Minima	46,2	59,9	36,0	46,5
Maximaldifferenz	74,9	33	45,7	21,2
Verhältnis	162	55	126	45,5
Rabishau				
Minima	12,7	19,3	20,5	19,8
Maximaldifferenz	(37,3)	35,1	26,8	24,8
Verhältnis	294	182	131	125
Hemmrich				
Minima	32,2	49,6	41,2	--
Maximaldifferenz	51,4	21,9	14,8	--
Verhältnis	204	44	36	--
Buchberg Fichtenbestand				
Minima	37,1	65,5	71,5	--
Maximaldifferenz	71	51,6	42,6	--
Verhältnis	192	79	60	--
Buchberg Buchenbestand				
Minima	43,5	76,2	86,6	--
Maximaldifferenz	59	30,5	54,5	--
Verhältnis	138	40,0	47,2	--

Tabelle 10 wird als Tabelle z in den Tabellenband genommen.

Tabelle 11 Pufferflächen (in cm^2)

T = Teilfläche bis $\frac{n}{43,4}$ NaOH
G = Gesamtfläche " n/20 "

		Humus I	Bleicherde II	Einwaschschicht III	Mineralerde IV
Hütte	T	25,22	19,43	18,85	16,39
unter Calamagr. vil.	G	52,90	31,43	(35,40)	(26,61)
unter Streu	T	26,11	26,68	--	--
	G	55,81	57,83		
Kreuzung	T	24,16	20,38	20,98	16,18
unter Calamagr. vil.	G	(51,58)	(32,67)	(34,53)	(24,31)
Flinsberger Hang	T	23,69	19,49	21,28	19,35
unter Aira, Calamagr.	G	(51,05)	(35,95)	(41,43)	(37,67)
unter Fichtenstreu	T	24,98	16,73	--	--
	G	(51,44)	(22,89)		
unter Vacc. myrt.	T	24,94	22,91	--	--
	G	(53,85)	(36,89)		
An der Iser	T	25,05	23,01	21,35	14,57
unter Aira flex.	G	(52,82)	(36,78)	(33,88)	(19,53)
Moorwald x	T	25,37	24,32	23,53	19,82
unter Aira flex.	G	57,54	53,19	46,24	31,00
unter Fichtenstreu	T	23,40!	25,13		
	G	55,51!	53,16	x(Hier sind I-III	
unter Dicranum	T	20,25	21,95	Humus, IV ist	
	G	50,03	47,49	Bleicherde.)	
unter Vacc. myrt.	T	25,19!	23,90		
	G	57,12!	46,11		
Queis	T	26,63	22,23	20,25	19,08 18,15
unter Vacc. myrt.	G	56,98	(45,27)	(39,09)	(25,54) (21,89)
unter Aira flex.	T	27,28	22,96		
	G	57,66	(42,27)		
unter Fichtenstreu	T	25,74	25,77		
	G	54,05	(51,60)		
unter Nephrod. dryop.	T	25,40	23,80		
	G	50,92	(48,06)		
unter Dicranum	T	27,38	25,33		
	G	58,69	(55,10)		
unter Calamagr. ar.	T	25,21	--		
	G	(52,60)	--		
Hemmrich	T	18,27	19,15	14,72	
unter Asperula od.	G	34,04	(30,85)	(20,49)	
unter Aira flex.	T	23,43	22,09		
	G	47,14	(42,70)		
unter Vacc. myrt.	T	25,92	23,94		
	G	56,25	49,59		

		I	II	III	IV
Ludwigsbaude	T	25,08	22,12	18,30	18,05
unter Aira flex.	G	53,02	(31,75)	(28,44)	23,83
unter Fichtenstreu	T	24,85	18,19		
	G	52,75	(24,65)		
unter Nephrodium	T	21,68	19,36		
	G	41,69	(37,06)		
unter Vacc. myrt.	T	23,85	24,97		
	G	52,75	50,97		
Am Sandberg	T	22,10	19,81	18,16	17,63
unter Oxalis ac.	G	39,40	(36,17)	(26,68)	(23,28)
unter Aira flex.	T	24,89	21,64		
	G	53,26	(41,29)		
unter Fichtenstreu	T	24,17	22,08		
	G	53,93	(33,86)		
unter Vacc. myrt.	T	26,49	20,78		
	G	58,68	(42,56)		
Rabishau	T	25,00	22,69	17,94	16,64
unter Aira flex.	G	51,42	44,95	32,70	(23,24)
unter Vacc. myrt.	T	25,54	23,52		
	G	52,87	44,71		
unter Rubus id.	T	24,52	23,68		
	G	49,43	44,99		
unter Fichtenstreu	T	25,95	23,27		
	G	53,11	43,03		
Buchberg, Fichtenbestand	T	22,25	18,15	15,90	
unter Oxalis acet.	G	43,62	(23,67)	(22,78)	--
unter Fichtenstreu	T	24,42	19,75		
	G	44,23	33,66		
Buchberg, Buchenbestand	T	21,89	18,60		18,30
unter Asperula od.	G	41,90	(30,03)	--	(30,96)

Tabelle 12 Azidität und Bodenfeuchtigkeit an der Hütte

Tag der Probenentnahme:	23.8.	20.9.	11.10.	17.11.	15.12.	12.1.	21.2.	9.4.	26.4.	31.5.	3.7	10.8.
Monatliche Niederschlagsmenge (mm):	137	115	75	124	48	105	87	51	6	51	72	200
Bodenfeuchtigkeit in g Wasser / 150 ccm Bodenvolumen												
Tiefe												
2-10	84,1	86,1	115,9	108,1	93,0	91,0	105,2	115,0	92,6	86,1	93,0	78,7
10-20	73,2	76,5	93,7	93,1	68,7	75,2	87,4	78,6	80,1	78,1	62,6	77,3
20-30	54,0	52,0	67,6	62,8	76,5	73,0	84,0	79,1	78,2	76,9	63,4	86,7
45-55	72,9	59,5	52,4	72,6	66,4	63,0	59,5	62,7	83,1	54,9	60,6	53,7
Frost	--	--	1	1 - 5	7-11	11-13	5 - 8	-	in	cm		
Schnee			25	18	8	38	70-100	40-50	"	"		
Austauschazidität (in ccm n/10 NaOH)												
2-10	117	147	128	161	164	172	149	100	198	149	186	248
10-20	70	76	59	67	97	62	118	55	52,5	128	68	--
20-30	93	71	62	48	88	51	148	73	59,5	53	52	72
45-55	44	37	35	54	30	38	44	47	38,6	35	25	--
Hydrolytische Azidität (in ccm n/10 NaOH)												
2-10	665	775	595	560	437	560	307	445	680	702	835	1030
10-20	104	130	172	105	142	112	194	79	135	112	107	96
20-30	150	102	95	72	142	129	119	122	103	90	111	154
45-55	130	65	135	67	50	62	115	76	69	105	86	53

Tabelle 13 Schwankungsgrenzen

	Moor-wald	Flins-berger Hang	Queis	Lud-wigs-baude	Sand-berg	Rabis-hau	Buchberg Fichten-best.	Buchberg Buchen-best.	Hemmrich
H_2O d. frisch. Probe	70 - 360	50 - 320	20 - 280	40 - 250	13 - 200	10 - 60	40 - 100	62 - 230	30 - 130
H_2O d. trockn. Probe	6 - 26	5 - 24	2,4 - 20	1,5- 16	2,8 - 23	3 - 18	7 - 19	7 - 20	2,2 - 21
Crumpscher Faktor	0,3-5,3	0,6-4,3	0,4-6,1	0,5-3,6	0,3-4,4	0,1-1,5	0,6-2,0	0,8 -4,5	1,0 -3,7
Organische Substanz	25 - 94	30 - 92	12,6-89	4 - 90	11 - 92	20 - 90	31 - 85	35 - 77	7 - 82
pH Grenzen	2,8-3,9	2,9-4,4	2,8-3,9	3,4-5,1	3,6-5,0	3,0 -4,2	3,5 - 5,1	3,6 - 5,4	2,8 -5,5
Humifizierung	33-82	32-78	44-84	55-85	54-85	54 - 83	67 - 83	72 - 84	32 - 81
Jodzahlen	1,2-4,4	1,7-4,2	0,9-3,5	0,6-3,5	0,6-2,9	0,9 -3,8	0,1 - 2,2	0,6 - 2,2	0,6 -3,2
Farbzahl H_2O	1,1-2,5	1,5-3,8	0,8-2,9	-	1,2-3,6	1,6 -3,2	0,5 - 1,8	0,8 - 2,4	0,7 -3,0
Farbzahl Na_2CO_3	2,9-6,6	3,6-5,2	2,8-7,0	-	1,6-5,0	2,1 -5,4	1,6 - 3,2	2,1 - 3,5	1,6 -4,8
Farbzahl NaOH	2,5-6,5	3,3-6,4	2,5-8,1	-	0,9-6,2	2,2 -5,4	2,4 - 4,1	2,1 - 6,3	1,5 -6,3
L/S-Quotient	0,78-1,56	0,73-1,5	0,75-1,6	-	0,4-1,49	0,74-1,4	1,19-1,57	0,64-2,25	0,77-2,05
Permanganatzahl	6,8-13,5	7,0-12,0	6,4-14,9	-	4,9-11,6	7,7 -12,6	9,0 -16,0	8,2 -14,0	4,5 - 9,7

Tabelle 14 Häufungsmaxima der Humuskurven

Untersuchungsweise	Anzahl der Proben	Stufengrenzen Probenanzahl, die der Stufe angehören																
Wassergehalt der luft-trocknen Probe	479	0 - 2 1	-4 38	-6 47	-8 51	-10 47	-12 61	-14 94	-16 53	-18 37	-20 27	-22 12	-24 6	-26 3	>26 2			
Organische Substanz	479	1 -10 4	-20 47	-30 29	-40 35	-50 58	-60 38	-70 42	-80 70	-90 133	-100 23							
pH der Humusproben	581	2,5-2,7 7	-2,9 19	-3,1 28	-3,3 58	-3,5 69	-3,7 56	-3,9 58	-4,1 63	-4,3 43	-4,5 57	-4,7 51	-4,9 40	-5,1 18	-5,3 7	-5,5 4	-5,7 2	-5,9 1
Humifizierungszahl	438	30-40 2	-50 3	-55 13	-60 26	-65 71	-70 92	-75 99	-80 85	-84 40	>85 7							
Jodzahl	405	-0,6 9	-0,9 15	-1,2 33	-1,5 51	-1,8 71	-2,1 64	-2,4 58	-2,7 43	-3,0 29	-3,3 17	-3,6 9	-3,9 4	-4,2 1	-4,5 1			
Farbzahl des Wasserausz.	235	0,5-1,0 18	-1,4 40	-1,8 88	-2,2 53	-2,6 16	-3,0 8	-3,4 6	-3,8 1	-4,2 3	-4,6 2							
Farbzahl des Sodaauszuges	224	1,6-2,0 14	-2,5 25	-3,0 21	-3,5 32	-4,0 40	-4,5 40	-5,0 22	-5,5 15	-6,0 8	-7,0 6	>8,0 1						
Farbzahl des Laugeausz.	236	0,5-1,0 1	-1,5 2	-2,0 8	-2,5 13	-3,0 24	-3,5 32	-4,0 34	-4,5 36	-5,0 28	-5,5 26	-6,0 18	-6,5 9	-7,0 3	-7,5 0	>8,0 2		
C/S-Quotient	219	0,5 1	0,6 2	0,7 7	0,8 17	0,9 28	1,0 40	1,1 34	1,2 29	1,3 29	1,4 11	1,5 3	1,6 7	1,7 1	-2,0 5			
Permanganatverbrauch	228	4 2	5 1	6 6	7 24	8 66	9 81	10 22	11 13	12 6	13 3	14 2	-16 2					

Tabelle 15 Humusübersicht

Die Zahlen in der Tabelle sind Gruppenordnungszahlen.

	Organ. Subst.	Wassergehalt	pH-Wert	Humifiz. Zahl	Jodzahl	Farbzahl in Wasser	Farbzahl in Soda	Farbzahl in Lauge	L/S-Quotient	Permanganatverbrauch
Catharinea und.	1	1	2	2	1	2	2	1	1	3
Luzula nemor.	1	2	2	-	-	2	2	4	1	1
Polytrich. form.	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3
Calamagr. ar.	1	2	2	2	1	3	1	1	1	1
Athyriumarten	2	2	2	2	2	2	1	1	1-2	1-2
Nephrodium dry.	2	2	2	1	3	2	2	3	2	2
Rubus idaeus	2	1	1	1	3	2	2	2	2	3
Nephrod. fil. m.	2	3	1	1	3	3	2	2	2	3
Oxalis acetos	2	3	2	1	3	2	2	2	2	3
Buchenstreu	2	3	2	1	2	3	2	4	-	2
Aspidium spin.	3	3	2	2	3	2	2	2	2	3
Asperula odor.	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Mercurialis per.	2	3	1	1	1	1	1	1	2	3
Petasitis alb.	2	3	2	1	1	1	1	1	3	3
Fichtenstreu	4	3	3	3	2	2	3	3	3	3
Dicranum scop.	4	3	3	3	2	3	3	3	3	3
Aira flexuosa	4	4	3	3	2	2	3	3	3	3
Plagiothecium und.	4	4	4	2	2	2	3	3	3	2
Blechnum spic.	3	4	3	2	3	2	3	3	1	3
Hylocom. Schreb.	3	4	3	3	-	1	3	3	2	2
Vaccin. myrt.	4	3-4	3	3	2	2	3	2	2	2-3
Calamagr. vil.	4	3	3	3	3	2	3	2	2	2
Vaccin. vit. id.	4	4	3	3	2	3	3	4	1	3
Carex stellulat.	1	1	3	2	2	1	2	2	2	3
Sphagnum spec.	3	4	3	2	2	2	-	1	2	-

Lebenslauf

Am 30. September 1903 wurde ich in Kohlfurt geboren. Mit dem Reifezeugnis für Obersekunda verließ ich die Oberrealschule in Hirschberg und erlernte die Landwirtschaft. Nach Beendigung meiner landwirtschaftlichen Lehrzeit trat ich in das Diakonenseminar in Hamburg ein und wurde von hier 1925 als Lehrer an die deutsche Schule des deutschen Waisenhauses in Baradero (Argentinien) gesandt. Nach meiner Rückkehr im Winter 1928/29 bereitete ich mich auf das Abitur als Nichtschüler vor und bestand die Reifeprüfung im Herbst 1929. Vom Wintersemester 1929/30 an studierte ich an der Universität Berlin Biologie und Chemie. Meine Lehrer waren die Herren Professoren: Diels, Hesse, Kniep, Markgraf, Markwald, Riesenfeld, Schlenk und Noack. Seit August 1937 arbeite ich im chemischen Metallaboratorium des Kabelwerkes „Oberspree" der „Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft", seit Februar 1939 im Chemischen Versuchsamt der Deutschen Reichsbahn.

Herstellung: V D I - Verlag G.m.b.H., Berlin NW 7.